

MARCIA FREIRE MACHADO SA

**INFLUÊNCIA DO MATERIAL DE ORIGEM, SUPERFÍCIES  
GEOMÓRFICAS E POSIÇÃO NA VERTENTE NOS  
ATRIBUTOS DE SOLOS DA REGIÃO  
DOS CAMPOS GERAIS, PR.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração "Ciência do Solo", Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Prof. Orientador: Valmique Costa Lima

CURITIBA

1995

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CIÊNCIA DO SOLO  
"MESTRADO"**


**P A R E C E R**

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **MARCIA FREIRE MACHADO SÁ**, com o título: **"Influência do material de origem, superfícies geomórficas e posição na vertente nos atributos de solos da Região dos Campos Gerais-PR"**, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de Parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação com o conceito **"A"** completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo".

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 11 de julho de 1995.



Prof. Dr. Valmiqui Costa Lima, Presidente.



Prof. Dr. Igo Fernando Lepsch, Iº Examinador.



Profa. Dra. Jane Mariza Jonasson Costa Lima, IIº Examinador.

A meus pais

esposo

e filhos

dedico ..

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, e aos colegas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, por me concederem a oportunidade deste aprimoramento profissional;

Ao Curso de Pós- Graduação em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realização deste trabalho;

Ao professor Dr. Valmiquê Costa Lima, do Departamento de Solos da UFPR, pela orientação segura, constante estímulo, confiança e amizade;

Ao prof. PhD. Igo Fernando Lepsch, do Departamento de Solos da ESALQ-USP, pela inestimável colaboração nas diretrizes dos trabalhos e pronto atendimento a todas as nossas solicitações, na qualidade de professor-consultor deste trabalho;

À prof. Dr. Jane M. J. Costa Lima, do Departamento de Solos da UFPR, pelas sugestões e incentivo constantes, como também pelo pronto apoio na interpretação das análises micromorfológicas;

Ao prof. Dr. Hélio O. da Rocha, do Departamento de Solos da UFPR, pela amizade e incentivo, além do total apoio na utilização do Sistema Geográfico de Informação (SGI), para a elaboração dos mapas. Agradecimento este estendido aos colegas Juliane e Dimas;

Ao prof. Valter Schulz, chefe do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UEPG, pela confiança e incentivo no decorrer da realização deste trabalho;

Ao prof. Dr. Eduardo Fávero Caires, coordenador do laboratório de Fertilidade do Solo da UEPG e aos laboratoristas Verônica, Dirce e Sérgio pelo apoio na execução das análises químicas dos solos;

Ao prof. M.Sc. Paulo Ferreira Carrilho, coordenador do laboratório de Física do Solo da UEPG e às laboratoristas Eunice e Jonilda pelo apoio na execução das análises granulométricas dos solos;

À Maria Parecida, laboratorista do laboratório de Mineralogia da UFPR, pela colaboração na execução das análises mineralógicas e micromorfológicas;

Ao desenhista Paulo da Silva Filho, pela arte final de várias figuras que constam neste trabalho;

Ao prof. M.Sc. Jeferson Zagonel, gerente da Fazenda Escola da UEPG, por facilitar todo nosso trânsito neste estabelecimento;

Ao Médico Veterinário Carlos Lesskiu, gerente da Fazenda Modelo do IAPAR, por nos ceder material cartográfico e permitir nosso livre trânsito neste estabelecimento;

Ao prof. M.Sc. Emerson E. Camargo, do Departamento de Geologia da UFPR, pelo auxílio na obtenção de bibliografia de apoio na área de Geologia;

Ao prof. Dr. Pablo Vidal Torrado, do Departamento de Solos da ESALQ-USP, pelo auxílio na obtenção de bibliografia de apoio sobre relação solo-paisagem;

Ao Eng. Agrônomo PhD. Ricardo T. G. Peixoto, do IAPAR - Polo Regional de Ponta Grossa, pelo auxílio na elaboração do Abstract;

À Sociedade Paranaense de Mineração, por nos ceder equipamento e pessoal, para coleta de amostras de solo em profundidade;

Aos servidores da UEPG que colaboraram na coleta de amostras de solo no campo, em particular ao Anselmo e Wilson;

À todos os colegas da pós-graduação pelo companheirismo e amizade demonstrados ao longo deste período;

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

À meus queridos pais, filhos, irmãos e amigos, de quem recebemos incentivos constantes e em quem sempre nos inspiramos ao enfrentar novos desafios;

Em especial ao Eng. Agrônomo M.Sc. João Carlos de Moraes Sá, “Juca”, meu esposo, pela colaboração na condução das análises estatísticas, na elaboração dos gráficos e por todo o incentivo e compreensão durante a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

MARCIA FREIRE MACHADO SÁ, filha de José Freire Machado e Leda Ludmilla Freire Machado, nasceu no Rio de Janeiro - RJ, aos nove dias do mês de março de 1953.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica em janeiro de 1978 e especializou-se em Ciência do Solo em dezembro de 1980, ambos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Em março de 1981 começou a lecionar no Colégio Estadual Agrícola Olegário Macedo, em Castro - PR.

À partir de março de 1984 integra o quadro de professores do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Ponta Grossa - PR, do qual faz parte atualmente, como professora assistente e coordenadora adjunta do Curso de Agronomia.

## SUMÁRIO

<b><u>LISTA DE FIGURAS</u></b> .....	xi
<b><u>LISTA DE TABELAS</u></b> .....	xvii
<b><u>RESUMO</u></b> .....	xix
<b><u>ABSTRACT</u></b> .....	xx
<b><u>1 INTRODUÇÃO</u></b> .....	1
<b><u>2 REVISÃO DE LITERATURA</u></b> .....	4
2.1 GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA .....	4
2.2 TEORIAS DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM .....	7
2.3 APLICAÇÃO DOS DIFERENTES MODELOS EM TRABALHOS DE PEDOGEOMORFOLOGIA.....	18
2.4 SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS - DEFINIÇÃO E GÊNESE .....	19
2.5 GEOMORFOLOGIA E RELAÇÃO DE TEMPO.....	21
2.6 BREVE HISTÓRICO DA GEOMORFOLOGIA NO BRASIL .....	22
2.7 PROPRIEDADES DOS SOLOS x POSIÇÃO NA PAISAGEM .....	23
2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
<b><u>3 MATERIAL E MÉTODOS</u></b> .....	35
3.1 MATERIAL.....	35
3.1.1 SITUAÇÃO GEOGRÁFICA.....	35
3.1.2 VEGETAÇÃO.....	37
3.1.3 USO ATUAL DAS TERRAS.....	38



3.1.4 CLIMA.....	39
3.1.4.1 Pluviosidade.....	39
3.1.4.2 Temperatura.....	41
3.1.4.3 Balanço Hídrico .....	41
3.1.5 GEOMORFOLOGIA.....	43
3.1.6 GEOLOGIA.....	47
3.1.6.1 Formação Furnas.....	48
3.1.6.2 Formação Ponta Grossa.....	55
3.1.6.3 Interface Formação Furnas e Formação Ponta Grossa .....	55
3.1.6.4 Formação Campo do Tenente .....	58
3.1.6.5 Diques de Diabásio.....	59
3.1.7 HIDROGRAFIA.....	60
3.1.8 BASE CARTOGRÁFICA.....	61
3.2 MÉTODOS.....	62
3.2.1 MÉTODOS DE CAMPO.....	62
3.2.2 MÉTODOS DE LABORATÓRIO.....	67
3.2.2.1 Análise Granulométrica.....	68
3.2.2.2 Análises Químicas.....	68
3.2.2.3 Análise Mineralógica.....	70
3.2.2.4 Análise Micromorfológica.....	71
3.2.3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS.....	72
<b><u>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</u></b> .....	73

<b>4.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>73</b>
4.1.1 GEOLOGIA.....	73
4.1.2 SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS.....	75
4.1.3 IDADE RELATIVA DAS SUPERFÍCIES.....	80
<b>4.2 SOLOS.....</b>	<b>81</b>
4.2.1 COMPARAÇÃO DE ATRIBUTOS SELECIONADOS DOS SOLOS DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO.....	83
4.2.2 COMPARAÇÃO DE ATRIBUTOS SELECIONADOS DOS SOLOS COMPREENDIDOS NAS DIFERENTES SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS .....	93
<b>4.3 RELAÇÃO ENTRE SOLOS E SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS .....</b>	<b>96</b>
<b>4.4 GRANULOMETRIA, MACRO E MICROMORFOLOGIA E MINERALOGIA DE CINCO PERFIS DE SOLOS REPRESENTATIVOS DE DIFERENTES POSIÇÕES DA VERTENTE.....</b>	<b>103</b>
4.4.1 GRANULOMETRIA.....	103
4.4.2 MACRO E MICROMORFOLOGIA.....	120
4.4.3 MINERALOGIA.....	128
4.4.3.1 Mineralogia dos Perfis de Solos .....	128
4.4.3.2 Mineralogia dos Prováveis Materiais de Origem dos Solos .....	130
<b>4.5 RELAÇÃO ENTRE VÁRIOS ATRIBUTOS DOS SOLOS E A DISTÂNCIA EM RELAÇÃO AO TOPO (DT), EM DUAS TRANSEÇÕES DA ÁREA ESTUDADA.....</b>	<b>131</b>

<b>4.6 SEQUÊNCIA HIPOTÉTICA DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM .....</b>	<b>147</b>
<b><u>5 CONCLUSÕES.....</u></b>	<b>149</b>
<b><u>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b>152</b>
<b><u>7 ANEXO.....</u></b>	<b>163</b>
<b>7.1 ANEXO 1 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS .....</b>	<b>163</b>
<b>7.2 ANEXO 2 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X .....</b>	<b>175</b>

## LISTA DE FIGURAS

1	ESQUEMA DA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM POR PENEPLANAÇÃO .....	9
2	MODELO DO RECUO PARALELO DA VERTENTE DE WALTHER PENCK (1953).....	11
3	ELEMENTOS BÁSICOS DAS VERTENTES DE ACORDO COM L. C. KING (1953) .....	12
4	COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE KING (1953) E RUHE (1975) .....	17
5	MODELO DOS NOVE ELEMENTOS DAS VERTENTES DE DARLYMPLE et al.(1968).....	18
6	LOCALIZAÇÃO GERAL DA ÁREA ESTUDADA E DOS CAMPOS GERAIS NO ESTADO DO PARANÁ.....	36
7	EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL POR DECÊNDIOS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA.....	43
8	UNIDADES GEOMÓRFICAS DO ESTADO DO PARANÁ.....	44
9	EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DE MESETAS ESTRUTURAIS À EXEMPLO DE VILA VELHA.....	46
10	FORMAÇÃO HIPOTÉTICA DAS FURNAS.....	47
11	ARENITO FURNAS EM ITAPEVA (SP).....	52
12	ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA DO ARENITO FURNAS ALTERNANDO OS TIPOS PLANOS E ACANALADOS.....	53
13	ISÓPACAS DAS FORMAÇÕES FURNAS E PONTA GROSSA.....	54

14	PAR ESTEREOSCÓPICO DA ÁREA DE ESTUDO, ESCALA 1:25.000.....	64
15	MAPA PLANIALTIMÉTRICO, ESCALA 1:25.000, ENFOCANDO A LOCALIZAÇÃO DAS TRANSEÇÕES E PERFIS DE SOLOS .....	65
16	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS, ESCALA 1:25.000.....	77
17	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO DOS SOLOS.....	82
18	RELAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS E VALORES MÉDIOS DE pH, SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO E ALUMÍNIO TROCÁVEL NA CAMADA DE 60-80 cm.....	99
19	RELAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS E % DE CARBONO, NA CAMADA DE 0-20 CM E VALOR T NA CAMADA DE 60-80 CM .....	100
20	RELAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS E % DE ARGILA E SATURAÇÃO POR BASES, NA CAMADA DE 60-80 cm.....	101
21	RELAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIE GEOMÓRFICA E T/100 g DE ARGILA E RELAÇÃO SILTE/ARGILA, NA CAMADA DE 60-80 cm .....	102
22	PERFIL TOPOGRÁFICO, ESTRATIGRÁFICO PROVÁVEL, MORFOLOGIA DO SOLO E SEGMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DA TRANSEÇÃO T1 ..	106
23	PERFIL TOPOGRÁFICO, ESTRATIGRÁFICO PROVÁVEL, MORFOLOGIA DO SOLO E SEGMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DA TRANSEÇÃO T2 ...	107

24	PERFIL TOPOGRÁFICO, ESTRATIGRÁFICO PROVÁVEL, MORFOLOGIA DO SOLO E SEGMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DA TRANSEÇÃO T3 ...	108
25a	DISTRIBUIÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS AO LONGO DOS HORIZONTES NOS PERFIS DE SOLOS P1, P2 e P3.....	111
25b	DISTRIBUIÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS AO LONGO DOS HORIZONTES NOS PERFIS DE SOLOS P4 e P5.....	112
26	MÉDIA GRÁFICA E DESVIO PADRÃO DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA FRAÇÃO AREIA, NAS CAMADAS DE 0-20 E 60-80 CM, EM ORDEM DECRESCENTE EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DO TOPO.....	114
27	CURTOSE E ASSIMETRIA DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA FRAÇÃO AREIA, NAS CAMADAS DE 0-20 E 60-68 CM, EM ORDEM DECRESCENTE EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DO TOPO .....	115
28	GRÁFICO CUMULATIVO E HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE PARTÍCULAS EM CINCO CLASSES GRANULOMÉTRICAS DA FRAÇÃO AREIA, AO LONGO DOS PERFIS P1 E P2 .....	117
29	GRÁFICO CUMULATIVO E HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE PARTÍCULAS EM CINCO CLASSES GRANULOMÉTRICAS DA FRAÇÃO AREIA, AO LONGO DOS PERFIS P3 E P4 .....	118
30	GRÁFICO CUMULATIVO E HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE PARTÍCULAS EM CINCO CLASSES GRANULOMÉTRICAS DA FRAÇÃO AREIA, AO LONGO DO PERFIL P5 .....	119

31	ESBOÇO DA TRAMA MICROMORFOLÓGICA DO PLASMA NOS CINCO PERFIS AMOSTRADOS AO LONGO DA ENCOSTA .....	122
32	PERFIL P1 - FOTOMICROGRAFIA SOB LUZ NATURAL DOS HORIZONTES Bw1 (TRAMA GRÂNICA) E Bw2 (TRAMA PORFÍRICA), RESPECTIVAMENTE .....	123
33	PERFIL P2 - FOTOMICROGRAFIA SOB LUZ NATURAL DO HORIZONTE Bw2 (TRAMA PORFÍRICA-GRÂNICA, COM OCORRÊNCIA DE HIDROMORFISMO) .....	124
34	PERFIS P3 E P4 - FOTOMICROGRAFIA SOB LUZ NATURAL DOS HORIZONTES Bw2 (TRAMA GRÂNICA) .....	125
35	RELAÇÃO ENTRE pH, CÁLCIO TROCÁVEL, RELAÇÃO SILTE/ARGILA E T/100g DE ARGILA E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T1 .....	140
36	RELAÇÃO ENTRE % ARGILA, % DE AREIA, VALOR V (SATURAÇÃO POR BASES ) E VALOR m (SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO) E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T1 .....	141
37	RELAÇÃO ENTRE pH, CÁLCIO TROCÁVEL, RELAÇÃO SILTE/ARGILA E T/100g DE ARGILA E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T2 .....	142
38	RELAÇÃO ENTRE % DE ARGILA, % DE AREIA, VALOR V (SATURAÇÃO POR BASES) E VALOR m (SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO) E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T2 .....	143
39	RELAÇÃO ENTRE % DE CARBONO E T/100g DE SOLO E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T2 .....	144

40	FERRO TOTAL NOS HORIZONTES A E B DOS CINCO PERFIS ANALISADOS EM ORDEM DECRESCENTE EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DO TOPO .....	145
41	ESQUEMA HIPOTÉTICO DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM E FORMAÇÃO DAS QUATRO SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS .....	148
42	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P1 .....	175
43	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P2 .....	176
44	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P3 .....	177
45	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P4 .....	178
46	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P5 .....	179
47	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DE CAMADA ALTERADA DA FORMAÇÃO FURNAS, NO SEU COMPONENTE ARENOSO .....	180
48	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DE CAMADA ALTERADA DA FORMAÇÃO FURNAS, NO SEU COMPONENTE ARGILO-SILTOSO .....	181



49	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO DEPÓSITO SUPERFICIAL DE MATERIAL RETRABALHADO DAS FORMAÇÕES PONTA GROSSA E FURNAS .....	182
50	DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO AREIA DE CAMADA ALTERADA DA FORMAÇÃO FURNAS .....	183

## LISTA DE TABELAS

1	PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS MÉDIAS MENSAIS NA REGIÃO DE PONTA GROSSA (EM mm) .....	40
2	TEMPERATURAS MÉDIAS, SEGUNDO AS ESTAÇÕES DO ANO (EM ° C), ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE PONTA GROSSA .....	42
3	COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO DE PONTA GROSSA .....	50
4	ÁREA E Nº DE SÍTIOS AMOSTRADOS NAS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS.	79
5	ÁREA E Nº DE SÍTIOS AMOSTRADOS NAS UNIDADES DE MAPEAMENTO .....	81
6	COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES MÉDIOS DE ATRIBUTOS SELECIONADOS DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO DE SOLOS, PARA O HORIZONTE A (0-20 cm) E B (60-80 cm), PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5 % DE PROBABILIDADE .....	84
7	COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES MÉDIOS DE ATRIBUTOS SELECIONADOS DOS DEPÓSITOS COMPREENDIDOS NAS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS, PELO TESTE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE .....	94
8	VALOR MÉDIO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DE ALGUNS ATRIBUTOS DOS SOLOS PARA AS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS E UNIDADES DE MAPEAMENTO .....	97
9	PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DOS PERFIS .....	109

10	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A DISTÂNCIA EM RELAÇÃO AO TOPO E VÁRIOS ATRIBUTOS DO HORIZONTE B DOS SOLOS DA TRANSEÇÃO T1.....	133
11	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A DISTÂNCIA EM RELAÇÃO AO TOPO E VÁRIOS ATRIBUTOS DO HORIZONTE B DOS SOLOS DA TRANSEÇÃO T2.....	134
12	EQUAÇÕES DE REGRESSÃO, COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO E NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA, PARA DIVERSOS ATRIBUTOS DO SOLO (VARIÁVEIS DEPENDENTES) EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA EM RELAÇÃO AO TOPO (VARIÁVEL INDEPENDENTE), NO HORIZONTE B DAS TRANSEÇÕES T1 e T2.....	137

## RESUMO

A falta de informação à cerca da gênese dos solos da região dos Campos Gerais-PR, motivou a realização deste trabalho. A pesquisa foi conduzida em uma área de 375 ha, cujo material de origem dos solos é constituído essencialmente por sedimentos clásticos do período devoniano. As superfícies geomórficas e unidades de mapeamento de solos foram identificadas, caracterizadas e mapeadas. Procedeu-se também à compartimentação das vertentes em segmentos. Foram traçadas seis transeções, nas quais 135 pontos foram amostrados em superfície e subsuperfície, material com o qual foram realizadas análises granulométricas e químicas de rotina. Foram ainda efetuadas análises da mineralogia e micromorfologia em amostras de cinco perfis, localizados em pontos estratégicos. Os atributos físicos e químicos dos solos foram comparados nas dez unidades de mapeamento de solos e quatro superfícies geomórficas identificadas. Nestas também foram inferidas suas idades relativas. Elaborou-se uma sequência hipotética para a evolução da paisagem e formação das superfícies geomórficas. Observou-se maior variabilidade de solos nas superfícies mais jovens e erosionais do que nas mais antigas e deposicionais. Os segmentos de vertente *meia encosta e topo*, foram os que apresentaram maior e menor diferenciação de solos, respectivamente. Detectou-se a ocorrência de um depósito superficial recobrindo a formação Furnas, em posição de cimeira, formado à partir de material retrabalhado das formações Ponta Grossa e Furnas, responsável pelo comportamento diferenciado de vários atributos. Houve decréscimo regular nos valores de pH, % de argila e saturação por bases, e, elevação, da % de areia, saturação por alumínio, CTC/100g de argila e da relação silte/argila, da superfície geomórfica mais antiga para a mais recente. Observou-se que a tendência do comportamento de vários atributos dos solos, pode ser quantitativamente estimada através de equações de regressão com o parâmetro DT (distância do topo). A identificação de alguns fatores, tais como; mudança no material de origem, tipo de superfícies geomórficas e suas idades relativas, posição ocupada pelos solos na vertente, formação de crostas ferruginosas em subsuperfície; facilitaram a compreensão da organização espacial dos solos na paisagem.

## ABSTRACT

The lack of information about soil genesis in the Campos Gerais-PR region was the motivation of this work. The research was carried on a 375 ha where the parent material is comprised of clastic sediments of the Devonian period. The geomorphic surfaces (GS) and the soil mapping units (SMU) were identified, characterized and mapped, as well as the slopes were segmented. Six transverse sections with a total of 135 surface and subsurface sampling points were analysed for soil texture and chemical routine characterization. Five soil profiles were specially chosen for mineral and micromorphological analysis. Physical and chemical attributes were compared among the identified ten SMU and four GS, whose relative age were deduced. A hypothesis for the GS formation and landform evolution was defined. There was more soil variation among the youngest erosive GS than the oldest depositional GS. The backslope and summit showed the highest and lowest soil variability, respectively. A superficial deposit covering the Furnas formation was detected on the summit, and it was derived from the reworked material of Ponta Grossa and Furnas formation. This was responsible for the observed differences of several attributes. There was a regular decrease of pH values, clay % and base saturation, and, a regular increase of sand %, aluminium saturation, clay CEC and silt/clay ratio from the oldest to the youngest GS. A quantitative estimation of the behavior of several soil attributes was possible by the application of regression equations with the distance from the summit. The identification of the parent material, the type of GS and their relative ages, the soil position on the slope, and the subsurface formation of ferruginous layer were very important helpful on the understanding of the soil spatial organization on the landscape.

## 1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista de vários autores, a compreensão dos processos geológicos e geomorfológicos de uma determinada área é de fundamental importância no entendimento da distribuição dos solos, suas propriedades e gênese. Tendo em vista que as paisagens apresentam similaridades entre si, quando são conhecidas as relações básicas entre os processos formadores da paisagem e os solos, tornam-se possíveis importantes inferências sobre a ocorrência de solos e suas propriedades (DANIELS e HAMMER, 1992).

Segundo TRICART (1968) a pedologia encontra-se em relação a geomorfologia numa situação análoga à da geomorfologia em relação à geologia estrutural. Inúmeras são as dificuldades de muitos pedólogos quando procuram relacionar diretamente os solos com as rochas da carta geológica, já que são raros os casos em que os mesmos se formam diretamente da rocha local. Comenta ainda o autor, que os solos são geralmente elaborados a partir das formações superficiais, alteritas ou formações de vertentes, aluviões, coluviões, etc., pertencendo, portanto, o material de origem dos solos, mais ao meio geomorfológico do que ao meio geológico, razão pela qual a geologia agrícola do último século acabou redundando em fracasso.

Os solos formam um corpo natural tridimensional contínuo na paisagem. Assim, qualquer estudo de gênese e distribuição de solos requer uma compreensão da gênese da paisagem.

A região dos Campos Gerais, situada no segundo planalto do Paraná, abrange cerca de 20.000 Km<sup>2</sup>. Anteriormente revestidas por extensos campos limpos, tradicionalmente utilizados como pastagens naturais, estas áreas, à partir de algumas

décadas, vêm sendo ocupadas por agricultura intensiva, com implantação de culturas anuais em larga escala.

Esta mudança de ocupação tem sido acompanhada por sérios prejuízos à conservação dos solos, devido não só à natureza intrínseca dos mesmos, como ao relevo a que estão submetidos. Muito embora todas estas dificuldades, graças ao empenho de produtores e técnicos da região, determinadas áreas dentro dos Campos Gerais têm alcançado recordes de produtividades, com a utilização de tecnologia e manejo adequados. Entretanto, grande parte das mesmas ainda encontram-se submetidas à sérias perdas erosivas e baixas produtividades, devido à desinformação e uso inadequado.

Dentro deste quadro, vale-se ressaltar a falta de informações detalhadas sobre os solos desta região, sendo as mesmas na maior parte das vezes, de caráter generalizado, como é o caso do Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1984).

Vários autores têm demonstrado que a identificação da origem e do estágio de evolução dos solos é de fundamental importância para o entendimento de sua dinâmica e interpretação de seu comportamento físico-químico. Outrossim, o estudo detalhado de áreas selecionadas, contribui de maneira significativa como subsídio à levantamentos detalhados de determinadas regiões e zonas correlatas.

Dentro deste ponto de vista, foi selecionada uma área inserida na região dos Campos Gerais, no município de Ponta Grossa, para a realização do presente trabalho, visando relacionar a distribuição e características dos solos, com a evolução da paisagem, tipos de superfícies geomórficas e características do material de origem. Estes estudos, além de propiciarem melhor entendimento do desenvolvimento genético dos solos da

região, fornecem subsídios a futuros levantamentos de solos mais detalhados e informações para o estabelecimento de uso agrícola mais adequado e racional.



## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA**

A relação estreita entre a pedologia e a geomorfologia tem sido tratada por vários autores nas últimas três décadas e vem contribuindo em grande escala para a compreensão da distribuição e dinâmica dos solos na paisagem.

A geomorfologia clássica preocupava-se essencialmente em produzir modelos tempo-dependentes da evolução da paisagem, como o Ciclo Geográfico de Davis. A forma da terra era o enfoque principal, com pouca atenção aos processos e atenção insuficiente aos solos e materiais do regolito. Nas décadas de 1960 e 1970, foi reconhecido que muitos processos pedológicos eram também geomórficos, ficando esmorecida a distinção entre as duas disciplinas. O desenvolvimento do equilíbrio dinâmico na abordagem da geomorfologia também chamou à atenção para a estreita relação entre as duas disciplinas (GERRARD, 1992).

Diante deste grande entrelaçamento emerge uma nova disciplina, chamada por CONACHER e DALRYMPLE (1977) de Pedogeomorfologia ou Soil Geomorphology por DANIELS et al. (1971), que vem a ser basicamente uma avaliação da relação genética entre os solos e a paisagem.

Em trabalho sobre as relações entre morfogênese e pedogênese, TRICARD (1968) enfatiza que os estudos de gênese dos solos, quando considera as modificações superficiais da litosfera provocadas pelos seres vivos ou pela atmosfera, engloba certos temas que são parte integrante da geomorfologia, como a fragmentação e a alteração das

rochas, evidenciando que o objetivo específico da geomorfologia está bem próximo das preocupações dos pedólogos.

De acordo com DANIELS e HAMMER (1992) a pedogeomorfologia é a aplicação de idéias e técnicas de campo da geologia, na investigação dos solos. Estas idéias são uma expansão daquelas expressadas por JENNY (1941), em seu livro clássico sobre os fatores de formação dos solos, usando-se algumas terminologias diferentes: estratigrafia, no lugar de material de origem e geomorfologia, englobando topografia e tempo. A geomorfologia é de grande valor para cientistas do solo por serem estes uma integração de fatores do ambiente passado e presente. Consideram ainda estes autores o importante papel da hidrologia como a força primária na formação dos solos.

A história geomorfológica de uma área é fundamental para a compreensão de como um sistema solo-paisagem se originou e evoluiu, enquanto uma avaliação da interação entre os processos geomorfológicos e os pedológicos é importante para a satisfatória compreensão de como funciona o sistema. Os solos não existem isoladamente mas sim organizados dentro da paisagem, idéia esta já expressa por SIMONSON (1968), no seu conceito de pedons e polypedons (GERRARD,1992).

Segundo RUHE (1975) a geomorfologia é o estudo da paisagem, que compreende as formas da terra e que de maneira integrada formam a superfície da Terra. Podem se apresentar em largas feições, como planícies, planaltos e montanhas, ou pequenas formas, como colinas, vales e declives. Assim, pode-se considerar as formas da terra, landform, como indivíduos e a paisagem, landscape, como população. A maior parte da paisagem, segundo este autor, é produto de erosão, mas também pode ser formada por

deposição de sedimentos, pela atividade vulcânica e por movimentos dentro da crosta terrestre.

A paisagem e as formas de superfície respondem ao ambiente a que estão submetidas. Este, assim como fatores tais como vegetação e outras formas de vida, são dominados pelo clima, que muda através do tempo, modificando o ambiente. Os processos geomorfológicos podem criar diferentes modelados, como as superfícies de erosão, as quais têm grande influência nos tipos e distribuição dos solos (RUHE, 1975).

Por outro lado, os solos podem fornecer importantes informações à respeito da formação da paisagem. A presença de solos pode ser a única indicação de que houveram períodos de estabilidade dentro dos ciclos de erosão e deposição. A natureza dos solos pode também dar uma indicação das condições ambientais durante o período de sua formação. Concentração de carbonato de cálcio, concreções de ferro ou tipo de argila são alguns exemplos de condições ambientais específicas (GERRARD, 1992).

Para se iniciar trabalhos de campo, em levantamento e gênese de solos, é de suma importância que se tenha alguma hipótese para testar sobre os processos responsáveis na formação dos solos, sem o que se corre o risco de dispende-se muita energia em coleta de dados irrelevantes, além de proceder-se gastos desnecessários com análises laboratoriais. Neste sentido, o conhecimento da localização estratigráfica e geomorfológica da área em questão, auxilia na compreensão dos processos ativos e inativos responsáveis pelo desenvolvimento dos solos. Este conhecimento torna também possível a predição com maior segurança da área de extensão de solos similares (DANIELS et al. 1971)

Algumas propriedades variam sistematicamente com a posição da paisagem. Quando se compreende como os materiais do solo foram depositados ou desenvolvidos

pelo intemperismo é possível antecipar-se, por exemplo, a faixa textural da área ou a química básica do solo. Logo, a ênfase neste tipo de análise está em saber porque as condições existem, mais do que simplesmente dizer quais são as condições existentes. A questão principal é a compreensão dos processos responsáveis, para que se esteja em condições de testar idéias e hipóteses. Frequentemente predições são necessárias quando há pouca informação disponível. Este tipo de conhecimento é importante no manejo do solo uma vez que permite compreender porque as respostas dos solos variam (DANIELS e HAMMER,1992).

## **2.2 TEORIAS DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM**

Existe hoje concordância geral de que apenas uma pequena parte da topografia terrestre seja mais velha que o Terciário, e que a maior parte dela não seja mais antiga que o Pleistoceno. A superfície atual da Terra foi formada, portanto, dentro da era cenozóica, que inclui os períodos terciário e quaternário. Datações absolutas indicam que apenas relativamente pequena porção da superfície terrestre, possui mais de 60.000.000 de anos sendo que a grande parte possui menos de 1.000.000 a 2.000.000 de anos (RUHE,1975).

A forma da paisagem que percebemos e analisamos é apenas uma etapa inserida em longa sequência de fases passadas e futuras (CHRISTOFOLETTI,1980). Quase todo cientista de campo necessita ter algum conhecimento de como a paisagem evolui através do espaço e do tempo (DANIELS e HAMMER,1992). Uma consistente literatura detalha várias teorias sobre a evolução da paisagem. Passaremos a discutir aquelas que consideramos mais importantes dentro da abordagem deste trabalho.

W. M. DAVIS (1850-1934), considerado o fundador da Geomorfologia como disciplina especializada, teve grande influência nas idéias de evolução da paisagem desde o final do século passado até meados deste século.

O modelo de Davis, desenvolvido com base nas áreas temperadas úmidas, parte de uma superfície plana que deforma-se bruscamente por uma ação tectônica. Sobre o relevo formado agem as forças de erosão, que o reduzem, lenta e progressivamente, através das fases de juventude, maturidade e senilidade, até a formação de nova superfície plana, a peneplanície, ponto de partida para novo ciclo.

Na fase da juventude as diferenças altimétricas são ampliadas e o leito fluvial torna-se a sede de intensa erosão. A grandeza das formas irá depender da amplitude entre o nível de base e as partes mais altas da superfície primitiva. Na fase de maturidade a drenagem já encontra-se perfeitamente organizada e inicia-se o espessamento do regolito. As vertentes alargam-se e as declividades diminuem, embora o relevo continue acidentado (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O ciclo geográfico ou ciclo de erosão de Davis (Figura 1) foi desenvolvido com base em áreas temperadas úmidas. No tempo 1 o nível do terreno alcançaria o máximo de elevação; o ponto B representando a média das altitudes das partes altas, e o ponto A representando a média das altitudes das partes mais baixas. No tempo 2, os rios mais largos reduziriam suas altitudes para C enquanto seus divisores rebaixariam-se para D. Inicialmente portanto, os gradientes de relevo são aumentados do tempo 1 para o tempo 2, atingindo variação máxima do tempo 2 para o 3, com os rios abaixando seu nível em direção ao nível de base. Do tempo 3 para o 4, a redução de relevo é máxima, com as vertentes dos vales se rebaixando (DANIELS e HAMMER, 1992). Assim, durante as

épocas 1 e 2, os vales aprofundam-se mais rapidamente e durante as épocas 3 e 4, as terras mais altas são mais rapidamente rebaixadas. Depois da época 4, o relevo é gradualmente reduzido, permanecendo somente pequenas e baixas elevações no final da época 5. O resultado do ciclo é o peneplano (pene = quase), ou uma paisagem de vertentes muito suaves (RHUE, 1975).

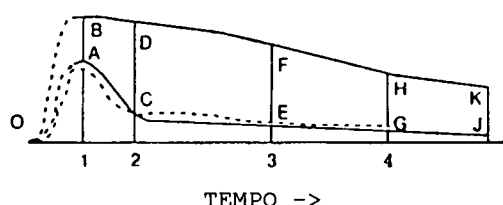


FIGURA 1. ESQUEMA DA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM POR PENEPLANAÇÃO. (FONTE : DANIELS e HAMMER, 1992)

Segundo o modelo de Davis, no fim do ciclo de erosão nenhuma superfície original permaneceria, o que implicaria na inexistência de partes relictuais na paisagem. Baixas taxas de erosão nos divisores hidrográficos, comparadas com os declives dos vales, permitiriam profundo intemperismo nos mesmos. A superfície do divisor rebaixa-se constantemente (DANIELS e HAMMER, 1992).

As superfícies aplainadas permanecem como formas residuais de antigos ciclos e assinalam as várias gerações cíclicas que afetaram a área. Todo e qualquer ciclo de erosão inicia-se à partir do nível de base e gradativamente propaga-se pelo interior das massas continentais (vaga remontante de erosão) (CHRISTOFOLETTI, 1980).

WALTHER PENCK (1953) propôs o modelo do Recuo Paralelo das Vertentes. As principais diferenças em relação ao modelo de Davis estão relacionadas ao nível de base e à maneira pela qual as vertentes evoluem.

Neste modelo qualquer ponto de um rio pode ser considerado como nível de base, assim como cada ponto de uma vertente representa um nível de base para a parcela da vertente situada à montante. Assim, o nível de base geral deixa de ter importância crucial (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Como ilustrado na figura 2, em condições de estabilidade, tais como remoção uniforme, em vez de ocorrer um rebaixamento contínuo e generalizado das vertentes, verifica-se a remoção das vertentes paralelamente a si mesmas. O intemperismo inicia-se no tempo 0 e na sequência do processo, uma cunha uniforme de material vai sendo removida ao longo de toda a vertente, preservando a declividade da base das camadas removidas. Na continuidade do processo, com o recuo paralelo de outras fatias da vertente, a mesma vai suavizando-se, sem haver mudança de forma e elevação nas terras altas do divisor de águas, ainda não atingido pelo processo de recuo das vertentes. Este modelo de evolução das vertentes permite a existência de paisagens relictas, ou seja, superfícies não modificadas pela erosão nas partes mais elevadas da paisagem, fora da influência dos rios. Esta hipótese sugere que superfícies velhas podem ocorrer próximas de superfícies novas (DANIELS e HAMMER, 1992).

De acordo com este ponto de vista, várias superfícies geomórficas podem se desenvolver dentro de uma mesma bacia hidrográfica, havendo formação de pedimentos distintos.

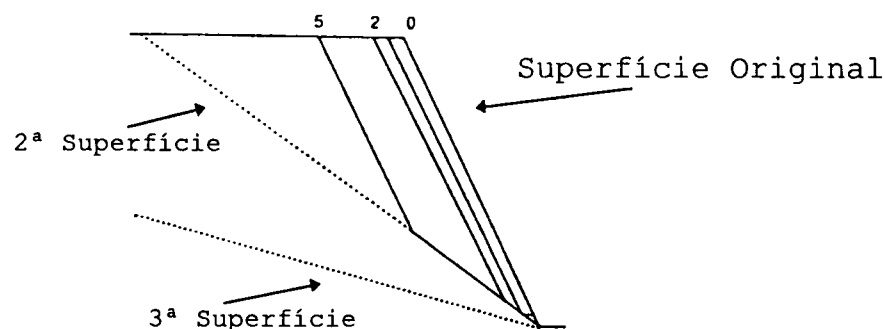


FIGURA 2. MODELO DO RECUO PARALELO DA VERTENTE DE WALTHER PENCK (1953). (FONTE : DANIELS e HAMMER, 1992)

PENCK (1953), citado por BIGARELLA et al. (1965) também preconiza que a evolução das vertentes se realiza através de dois fatores agindo em conjunto: levantamento crustal e denudação. Dependendo da intensidade de ação de cada fator, desenvolveriam-se encostas convexas - quando o levantamento se opera mais rapidamente que a denudação; côncavas - quando a denudação é mais rápida do que o levantamento; e desenvolvimento estacionário - quando os dois fatores operam na mesma intensidade.

KING (1953 e 1957), citado por BIGARELLA et al.(1965),considera que os condicionantes físicos da evolução da paisagem sejam os mesmos sob todos os climas. Atribui influência das mudanças climáticas na formação do modelado e evolução das vertentes apenas em climas glaciais, periglaciais e extremamente áridos. De acordo com este autor, uma encosta ideal teria no topo uma seção convexa, seguida por uma face nua, uma seção detrítica e um pedimento (Figura 3) .



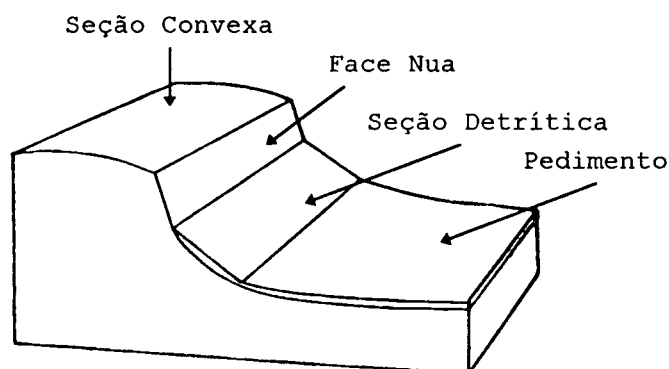


FIGURA 3. ELEMENTOS BÁSICOS DAS VERTENTES DE ACORDO COM L. C. KING. (FONTE : BIGARELLA, 1965)

O termo geomorfologia climática foi empregado pela primeira vez por E. de Martonne em 1913. Varios pesquisadores trabalharam nesta corrente, como: F. W. Freise, (1933), Passarge, Albretch Penck, Jules Budel (1948), André Cholley (1950), Pierre Birot (1959) e particularmente Jean Tricart e André Cailleux, todos citados por CRHISTOFOLETTI, (1980).

CAILLEUX e TRICART (1965) apresentaram os princípios da classificação geomórfológica e propuseram o que chamaram de uma primeira aproximação das categorias taxonômicas de fenômenos geomorfológicos, dividindo-as em 7 unidades de grandeza. Salientaram neste trabalho a importância de se considerar as formas de relevo como aspectos de uma superfície de contato; de um lado a crosta terrestre ou litosfera e, de outro lado, o ar, a água, os seres vivos e o gelo - atmosfera, hidrosfera, biosfera e criosfera. Esta superfície de contato acha-se submetida a esforços antagônicos: de um lado as deformações tectônicas e as extrusões vulcânicas, que tendem a acentuar as irregularidades; de outro as forças externas que, a maior parte das vezes, tendem a reduzi-la.

No trabalho de STEPHENS (1964) podemos encontrar uma revisão sobre a influência das oscilações climáticas do Quaternário na formação dos solos em diversos continentes.

BIGARELLA e Ab'SABER (1964) foram os primeiros a generalizar sobre a influência das mudanças climáticas profundas na explicação de toda a paisagem oriental do Brasil.

BIGARELLA et al.(1965) acreditam que sob diferentes tipos de climas ocorreriam condições morfogenéticas particulares, que se espelhariam na morfologia das vertentes. Estes autores baseiam-se nas comprovadas mudanças climáticas que caracterizaram principalmente o Quaternário, em toda a superfície terrestre. Na opinião de vários autores, nas épocas frias do Quaternário (glaciações nas baixas latitudes), em grande parte das regiões tropicais e subtropicais, teria ocorrido condições generalizadas de semi-aridez e aridez, enquanto que nos períodos interglaciais prevaleceriam condições de clima úmido.

O marco clássico de referência para as glaciações pleistocênicas foi apresentado pela primeira vez por Penck e Bruckner em 1909, baseado em estudos sobre terraços flúvio glaciais na parte setentrional dos Alpes. Lá foram identificados quatro terraços e, conseqüentemente, quatro glaciações, batizadas com os nomes dos rios da Baviera: Gunz, Mindel, Riss e Wurm. Foram então reconhecidas sequências semelhantes na Europa do Norte e na América do Norte, que também incluíram quatro fases glaciais no Pleistoceno (COLTRINARI e KOHLER, 1987). Na América do Norte, estas foram denominadas, das mais antigas para as mais recentes, de Nebraskan, Kansan, Illinoian e Wisconsin.

Em 1847, Urey, na escola de Chicago, desenvolveu a técnica dos isótopos estáveis de oxigênio que agem como termômetros geológicos. Valendo-se desta técnica, foi possível analisar a composição isotópica das conchas de foraminídeos planctônicos fósseis e os resultados obtidos revelaram definitivamente as múltiplas oscilações climáticas glaciais e interglaciais, durante o Pleistoceno (COLTRINARI e KOHLER, 1987).

Importante documento que versa sobre a influência dos diferentes climas sobre o desenvolvimento do ciclo de erosão foi publicado no Brasil por ocasião do Curso de Altos Estudos Geográficos realizado no Rio de Janeiro em 1956 (BIROT, 1960).

Dois diferentes grupos de processos operaram alternadamente durante o período Pleistoceno nas áreas do território brasileiro, submetendo a paisagem à degradação lateral em clima semi-árido, ou à dissecação em clima úmido. Estas mudanças climáticas, fizeram não somente variar a descarga dos cursos de água mas também alteraram as relações entre os processos de meteorização e denudação das encostas, sendo portanto básicas para a dinâmica fluvial (BIGARELLA et al., 1965).

Consideram estes autores que os pediplanos, pedimentos e inselbergs, na maioria das vezes, tratam-se de paleoformas, ou paisagens remanescentes, muitas vezes dissecadas e herdadas de paleoclimas com predominância de morfogênese mecânica e erosão em lençol.

O termo pedimento foi primeiramente aplicado por McGEE (1897), no Sonoran Desert, no Arizona (RUHE, 1975). São superfícies de erosão de relevo baixo, ligeiramente inclinadas, encontradas ao sopé de maciços montanhosos ou embutidas nos vales. Um pedimento pode truncar diferentes formações rochosas, constituindo o resultado da operação de processos de degradação lateral ligados à morfogênese mecânica. Em estado

avançado de evolução, haveria a coalescência dos pedimentos e formação de um pediplano. No interior das superfícies pediplanizadas é comum encontrar-se os inselbergs, que vêm a ser elevações residuais de vertentes íngremes.

No modelado brasileiro, os pediplanos mais antigos apresentam-se como remanescentes dispersos e preservados em rochas que opõem maior resistência à erosão sob condições de clima mais úmido. Em várias áreas os depósitos correlativos das superfícies de erosão já foram estudados e caracterizados como originados sob condições de semi-aridez.

BIGARELLA et al. (1965) estudando os grandes alvéolos da Serra do Mar, chegaram à conclusão da existência de três épocas semi-áridas, que corresponderiam às glaciações pleistocênicas das altas latitudes. O pedimento P3, relacionado à glaciação Nebraskan, o P2 ao Kansan e o P1 ao Illinoian. O pedimento P3 constitui aplainamento mais generalizado, que implica na formação do pediplano Pd1.

O pediplano mais antigo, Pd3, teria sido elaborado no período cretáceo-eocênico, coincidindo com o fim da sedimentação cretácica no Brasil e constituindo a parte de cimeira dos velhos planaltos paranaenses, possuindo remanescentes retrabalhados tanto em alguns maciços elevados do reverso continental da Serra do Mar e no reverso da escarpa devoniana. O pediplano Pd2, datado no terciário médio, raramente representa a superfície de cimeira, sendo geralmente intermontano e correspondendo aos compartimentos alveolares das terras elevadas do Brasil Sudeste e Meridional (BIGARELLA et.al, 1965).

Este modelo tem sido adotado por vários pesquisadores do país, entre eles PENTEADO (1969), na região centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista; por

Ab'SABER (1966) em revisão efetuada sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados (stone lines) do Brasil Oriental, onde salienta a importância dos trabalhos de Caileux, Birot e Tricart sobre o assunto, na elucidação das variações climáticas ocorridas no quaternário e sua influência na formação da paisagem; por LEPSCH et al. (1977), no Planalto Ocidental Paulista; por VIDAL TORRADO e LEPSCH (1992), no cristalino de Mococa (SP).

Foi JOHN HACK (1960), quem introduziu a teoria do equilíbrio dinâmico para explicar a evolução da paisagem. Neste modelo, o relevo terrestre é considerado como um sistema aberto que mantém constante permuta de matéria e energia com os demais sistemas.

Nessa teoria supõe-se que em um sistema erosivo todos os elementos da topografia estão mutuamente ajustados de modo que eles se modificam na mesma proporção. O equilíbrio é alcançado quando as várias partes de uma paisagem, pertencentes ao mesmo sistema, apresentarem a mesma intensidade média de erosão, tanto nas rochas resistentes, quanto nas mais frágeis.

Nessa perspectiva, a paisagem não evolui necessariamente para o aplainamento geral. Onde as rochas forem mais resistentes, as declividades das vertentes serão relativamente mais acentuadas do que as verificadas em rochas de menor resistência (CRHISTOFOLETTI, 1980).

O modelo de recuo das vertentes (backwearing), proposto por RUHE (RUHE et al. 1967), foi desenvolvido através de extensos trabalhos de campo, no estado de Iowa. Refinado conceito de superfícies geomórficas já havia sido formulado pelo autor em seu trabalho "Superfícies geomórficas e a natureza dos solos" (RUHE, 1956).

RUHE (1960) compara sua proposta com o modelo de KING e WOOD (1953), renomeando e modificando os vários segmentos acrescentando um componente aluvial e dividindo o segmento intermediário em pedimento superior (pediment backslope) e pedimento inferior (pediment footslope). Definiu também as terras altas (topo), como upland. Posteriormente, incorpora outras modificações ao modelo, identificando 5 segmentos em uma encosta completamente formada: summit (topo), shouder (ombro), backslope (meia encosta), footslope (sopé da encosta ) e toeslope (declive aluvial), como ilustrado na figura 4 (RUHE, 1975). HALL (1983) define com propriedade cada um destes segmentos, tecendo comentários sobre o comportamento da dinâmica da água e características dos solos em cada situação.

O modelo dos nove elementos da paisagem, desenvolvido por DARLYMPLE et al. (1968) e também relatado por CONACHER e DALRYMPLE (1977), enfatiza os processos pedogênicos e sua intensidade relativa operando nos vários segmentos da vertente (Figura 5). Os diferentes processos indicam porque as propriedades dos solos variam dependendo sobretudo da posição que ocupam na paisagem.

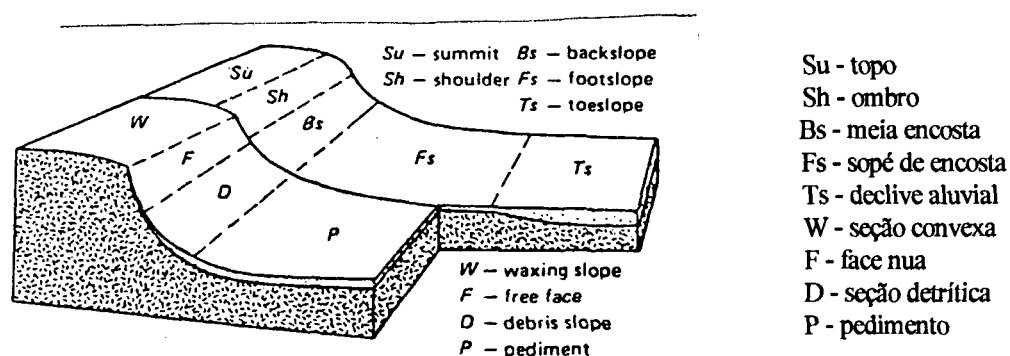


FIGURA 4. COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE KING, (1953) - EM PRIMEIRO PLANO - E RUHE (1975) - EM SEGUNDO PLANO, PARA OS ELEMENTOS DAS VERTENTES. (FONTE : HALL, 1983).

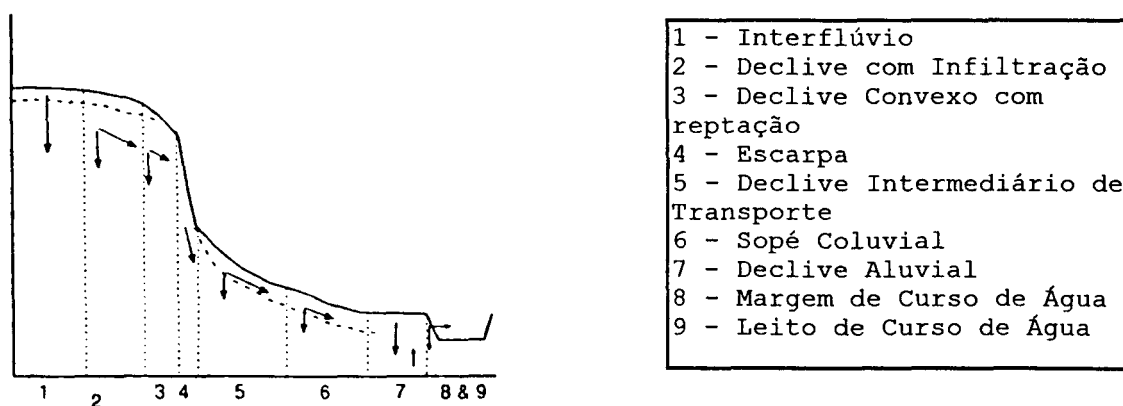


FIGURA 5. MODELO DOS NOVE ELEMENTOS DAS VERTENTES DE DARLYMPLE et al. (1968). (FONTE : DANIELS e HAMMER, 1992)

### 2.3 APLICAÇÃO DOS DIFERENTES MODELOS EM TRABALHOS DE PEDOGEOMORFOLOGIA

DANIELS e HAMMER (1992) sugerem que nenhum modelo será capaz de explicar todas as paisagens. Cada modelo de paisagem acima mencionado, provavelmente se encaixará melhor para alguma paisagem específica ou parte do modelado. As idéias de Davis são perfeitamente ajustadas para explicar as relações encontradas em sistemas fechados, com apenas uma superfície (planos não dissecados formados por geleiras). No entanto, em sistemas abertos, dissecados por rios e formados por mais de uma superfície, o modelo de Ruhe, combinado com as idéias de Hack e Conacher, parecem ser mais ajustados. Nos Estados Unidos muitos estudos da relação solo-paisagem testaram o modelo de Ruhe em diferentes climas e materiais de origem (DANIELS e GAMBLE, 1967, 1968; DANIELS e

JORDAN,1966; DANIELS et al., 1970, 1971; GILE, 1975a, 1975b; GILE e HAWLEY,1966; GILE et al., 1981; RUHE, et al.,1967), citados por DANIELS e HAMMER (1992).

## 2.4 SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS - DEFINIÇÕES E GÊNESE

Superfície geomórfica é uma parte da superfície da terra definida especificamente no espaço e no tempo (RUHE,1969). BALSTER e PARSONS (1968), definem superfície geomórfica como um modelado (landform) ou grupo de modelados que representam um episódio do desenvolvimento da paisagem. Segundo DANIELS et al.(1971) uma superfície geomórfica vem a ser uma parte da superfície da terra que tem limites geográficos definidos e é formada por um ou mais agentes num determinado período de tempo.

As superfícies geomórficas variam quanto à forma e origem. Podem ser erosionais, deposicionais ou ambas.

Uma superfície deposicional é uma superfície não erodida. Ela guarda a forma deixada pelos processos que depositaram os sedimentos subjacentes. RUHE et al.(1967) estabelece alguns critérios para o reconhecimento de uma superfície deposicional:

- a base da superfície vem a ser toda a zona de intemperismo subjacente;
- a superfície é aproximadamente paralela à zona de intemperismo e não a trunca.
- a superfície tem uma declividade suficientemente pequena para prevenir a erosão.



Uma superfície erosional segundo RUHE (1975), é uma superfície de terra formada pela ação do intemperismo da água, gelo, vento e outros agentes terrestres e atmosféricos, sendo no entanto o escoamento da água o maior modelador das superfícies de erosão. Alguns critérios podem ser observados na sua identificação:

- uma superfície de erosão corta materiais de diferente erodibilidade e estruturas geológicas; a relação angular entre a superfície e as camadas subjacentes comprovam o corte das camadas;
- uma superfície de erosão pode atravessar diferentes materiais conservando ou mudando seu gradiente, dependendo da relação de resistência entre os mesmos;
- as superfícies de erosão podem se encontrar nos interflúvios de uma rede de drenagem e elevar-se em direção ao meio da bacia de drenagem;
- superfícies de erosão comumente possuem sedimentos cobrindo-as, podendo ser depósitos fluviais ou sedimentos de vertentes que são depositados durante o rebaixamento dos interflúvios.

Uma superfície de erosão deve seguir um processo de formação específico, geralmente associado à uma específica zona climática: peneplanos em regiões úmidas e pedimentos e pediplanos em regiões áridas (Thornbury, 1969, citado por RUHE, 1975).

O material de origem pode diferir tanto lateralmente como verticalmente em uma superfície de erosão. Onde, por exemplo, um pedissedimento é separado de outro material por uma linha de pedras, quando o mesmo é pouco espesso, parte do solo pode ser formado a partir da camada superior à linha de pedras e outra parte a partir do material subjacente. Na base da vertente, onde o pedissedimento se espessa, o solo inteiro pode ser dele formado.

As variações dos pedissedimentos em uma superfície de erosão, podem causar mudanças na textura, consistência, densidade global, porosidade e permeabilidade nos diferentes horizontes dos solos (RUHE, 1975).

## 2.5 GEOMORFOLOGIA E RELAÇÕES DE TEMPO

O conhecimento da idade absoluta ou relativa das superfícies geomórficas tem sido usado nos estudos da relação solo-paisagem. Segundo RUHE (1975), uma dada superfície pode ter muitas espécies de solos, mas eles normalmente terão um grau comum de desenvolvimento. Os solos geralmente exibem aumento de desenvolvimento da mais jovem para a mais antiga superfície. Foi o que constatou este mesmo autor em seu trabalho clássico desenvolvido em Iowa (RUHE, 1956), onde foram mapeadas diferentes superfícies geomórficas, com idades relativas diferentes e comparadas posteriormente com o intemperismo e desenvolvimento dos solos.

DANIELS et al., (1971) relaciona alguns princípios de ordenação cronológica para uma sequência de estratos sedimentares e superfícies:

- lei da superposição que estabelece que camadas mais jovens se sobrepõem às camadas mais velhas;
- uma superfície é mais jovem do que qualquer superfície ou material que corta em bisel;
- é mais velha ou contemporânea aos depósitos de vale em posição topográfica inferior.

## 2.6 BREVE HISTÓRICO DA GEOMORFOLOGIA NO BRASIL

A propósito do desenvolvimento histórico da geomorfologia no Brasil, Ab'SABER (1958), reconhece três grandes períodos:

- período dos predecessores (1817-1910), constitui segundo o autor como que uma pré-história dos conhecimentos geomorfológicos, representado pelos escritos esparsos de viajantes, naturalistas e geólogos, tais como Saint-Hilaire, irmãos Andradas, Lund, Agassiz, Hartt, Derby, Branner, entre outros;

- período dos estudos pioneiros (1910-1940), com predominância de pesquisadores estrangeiros, mas com grande contribuição de pesquisadores nacionais. Destacaram-se nesta fase os trabalhos de Otto Maull, Preston James, Crandall, Lisboa, Moraes Rego, Marbut, Maack, Freise, Oppenheim, Branner, Delgado de Carvalho, Paes Leme, Denis, entre outros;

- período de implantação das técnicas modernas (1940 em diante).

Cronologicamente esta fase se iniciou com a publicação do famoso artigo de Emmanuel De Martonne (1940), a respeito dos "problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico" e com publicações e orientação de trabalhos por Francis Ruellan. O surgimento de novas instituições científicas ligadas às ciências da terra, tais como Associação dos Geógrafos Brasileiros e do Conselho Nacional de Geografia, também foram de importância fundamental. Surgiram cerca de dez anos depois, os primeiros trabalhos de uma equipe de pesquisadores brasileiros bastante ativos, como Marques de Almeida, Bigarella, Dias da Silveira, Valverde, Ab'Saber, Guerra, Penteado, Oliveira Santos, Geiger, Osório de Andrade, Azevedo, Christofolletti entre outros, com contribuições fundamentais nos vários

estados do território brasileiro e que têm servido de base para os trabalhos contemporâneos à cerca da relação solo-paisagem, ou da pedologia-geomorfologia (PENTEADO e RANZANI,1973; MONIZ e CARVALHO, 1973, LEPSCH,1977; LEPSCH et al.,1977), entre outros.

## 2.7 PROPRIEDADES DOS SOLOS X POSIÇÃO NA PAISAGEM

A influência da posição da paisagem nas propriedades dos solos tem sido relatada por vários autores. Embora desde muito tempo seja reconhecida a relação entre o desenvolvimento de diferentes características dos solos em distintas porções da paisagem, é atribuído à RUHE (1956) a introdução formal do estudo detalhado de superfícies geomórficas aos estudos de gênese e cartografia de solos (HALL, 1983).

Nas planícies costeiras da Carolina do Norte, DANIELS e GAMBLE (1967) observaram o efeito de variações de drenagem a curtas distâncias em uma superfície geomórfica onde as mudanças nas propriedades dos solos, tais como: curva de argila ao longo do perfil, cor do horizonte B, espessura e propriedades do horizonte E; através do micro relevo da paisagem, foram atribuídas principalmente ao regime de água no solo.

BRUBAKER et al.(1993) estudaram a influência da posição da paisagem na textura e propriedades químicas do solo. Diferenças significantes foram observadas pelos autores: areia, silte, pH,  $\text{CaCO}_3$ , Ca e Mg extraíveis e saturação por bases geralmente aumentaram vertente abaixo, enquanto argila, matéria orgânica, CTC e disponibilidade de K geralmente diminuíram.

As relações entre estratigrafia, geomorfologia, hidrologia e solos em áreas da planície costeira do sudeste dos Estados Unidos foram estudadas principalmente por DANIELS e GAMBLE (1978). Concluíram que a estratigrafia estabeleceu a estrutura na qual os demais fatores operaram na formação dos solos. Nas superfícies construcionais, de idade similar, há ocorrência de solos semelhantes enquanto nas superfícies erosionais adjacentes podem ocorrer solos altamente contrastantes. No entanto, diferenças no regime de umidade podem acarretar solos contrastantes, mesmo nas superfícies construcionais de idade similar.

Analizando critérios para a classificação dos solos tropicais pela idade, WAMBEKE (1962), propôs como básicos, a estrutura, a relação silte-argila e a percentagem de minerais intemperizáveis. Observa ainda que há dois modelos principais de ocorrência de sequência de solos de acordo com a idade em áreas tropicais: no primeiro, os solos mais antigos ocupam as áreas mais elevadas, as quais subsistem como remanescentes de antigos ciclos, enquanto os solos jovens cobrem as porções mais baixas da paisagem; no segundo, ao contrário, a situação topográfica é revertida e os solos mais antigos estão situados nas superfícies mais baixas. RUHE (1956), relacionando solos e superfícies geomórficas estabeleceu que o desenvolvimento pedogenético aumentou da superfície mais jovem para a mais antiga.

MALO et al.(1974) estudando a relação solo-paisagem em um sistema de drenagem fechado em Dakota do Norte-EUA, observaram aumento do conteúdo de carbono, teor de argila e espessura dos horizontes do topo em direção à base das vertentes. As variações texturais presentes foram atribuídas mais às atividades erosionais e deposicionais do que às atividades pedogenéticas.

PIERSON e MULA (1990) observaram maiores valores de estabilidade de agregados, conteúdo de carbono e teor de argila, nas posições mais baixas da vertente quando comparados às posições de topo, na região de Palouse, no sudeste de Washington-EUA.

LEPSCH (1989) estudando as relações solo paisagem em solos derivados de basalto na Austrália, observou que a variabilidade dos solos, localizados em área uniforme com relação ao material de origem e precipitação pluviométrica, podia ser explicada em função dos episódios de evolução da paisagem.

No Brasil diversos autores têm procurado identificar as superfícies geomórficas e relacioná-las com o material de origem, os solos e suas propriedades.

Importante marco nos estudos da relação solo-paisagem no Brasil se deu através de um convênio realizado entre o Centre de Géomorphologie do CNRS, Caen, França e o Departamento de Geografia e Instituto de Geografia da USP, quando diversos trabalhos foram realizados no sentido de reconhecer e mapear os depósitos superficiais no Sudeste do Brasil, à exemplo dos trabalhos que vinham sendo conduzidos na França (JOURNAUX, 1973). Segundo LEPSCH (1977), sedimentos neoceno-zóicos inconsolidados e de espessura variável, foram muitas vezes confundidos com os mantos de decomposição das rochas subjacentes. Alerta ainda para a importância da caracterização destes depósitos nos estudos pedológicos, uma vez que os mesmos constituem o material de origem de grande parte dos solos. Neste trabalho Lepsch identificou quatro tipos de formações superficiais no município de Echaporã-S.P. Neste sentido podem ainda ser citados, entre outros os trabalhos de CARVALHO e ROTTA (1974), no município de Atibaia e PENTEADO e RANZANI (1973), na região de Marília. Considerações à

respeito da evolução geoquímica dos depósitos superficiais em região tropical e sua distribuição espacial no território brasileiro podem ser encontradas nos trabalhos de PEDRO e MELFI (1982) e MELFI e PEDRO (1977).

RODRIGUES e KLAMT (1978) adotaram os critérios de KING (1953) e RUHE (1960), no estudo da relação solos - superfícies geomórficas de uma sequência de solos no Distrito Federal, tendo encontrado estreita relação entre a distribuição dos solos e quatro dos elementos de uma encosta, (topo, encosta, pedimento e planície aluvial), descritos por Ruhe. Estes mesmos critérios foram adotados por MONIZ e CARVALHO (1973), para correlacionar os solos formados à partir do arenito Bauru-S.P., onde a posição de topo estaria relacionada ao solo Podzolizado variação Marília, solo este com teores menores de caulinita e formados sobre o arenito Bauru, praticamente sem recobrimento. O Podzolizado variação Lins foi encontrado em posição de encosta, tendo sido formado por material de colúvio e finalmente o Latossolo, relacionado ao pedimento de sopé, encontrarse-ia no estágio mais avançado de intemperismo, o que explicaria os teores mais elevados de caulinita.

Na região da Encosta Inferior do Nordeste do Rio Grande do Sul, UBERTI e KLAMT (1984), reconheceram superfícies policíclicas caracterizadas por uma sucessão de patamares, cada qual constituído dos segmentos encosta, talus ou pedimento e terraço. Observaram que as diferentes unidades de solos formadas na região podem ser relacionadas às posições que ocupam na paisagem.

DEMATTE e HOLOWAYCHUK (1977a) estudando as propriedades granulométricas e químicas em uma topossequência na região de S. Pedro, Estado de S. Paulo, encontraram diferenças marcantes entre os solos localizados nas superfícies mais

elevadas quando comparados com os solos localizados nas superfícies mais baixas. A área foi dividida em seis superfícies fisiográficas utilizando-se como critério de separação o substrato rochoso, a relação espacial e os sedimentos superficiais (RUHE, 1975). Nas superfícies mais antigas (V e VI), localizadas no Planalto Ocidental, os solos apresentaram textura mais argilosa, enquanto nas demais superfícies localizadas na Depressão Periférica, foram observados solos arenosos e de textura média.

Os mesmos autores estudaram a mineralogia dos solos citados acima e encontraram nas superfícies mais jovens menor teor de gibbsita do que nos solos das superfícies mais antigas. Observaram ainda teores mais elevados de ferro ativo (relação Fe-oxalato/Fe ditionito), nos solos das superfícies mais jovens quando comparados aos das superfícies V e VI, podendo este parâmetro ser utilizado como índice de intemperismo de solos (DEMATTE e HOLOWAYCHUK, 1977b).

Pesquisando a relação solo-superfície geomórfica-material de origem à oeste da Depressão Central no Rio Grande do Sul, AZOLIN et al.(1975) detectaram que a presença de diferentes superfícies geomórficas, associadas à diferenças nas características do material geológico, são os condicionantes principais da distribuição de distintos solos nas superfícies individualizadas na área de estudo. O mesmo autor observou, que as superfícies deposicionais estáveis dos interflúvios daquela região, que possuem material de origem de caráter arenoso, permitem drenagem interna livre, favorecendo o desenvolvimento de solos profundos, vermelhos, de textura média e bem podzolizados.

QUEIROZ NETO e MODENESI (1973) definiram duas situações diversas para a pedogênese na área de Itu-Salto, S.P., em função da posição ocupada no relevo: no topo das superfícies o material remanescente sofreu aditivamente os efeitos das várias fases



de alternância paleoclimática, e encontra-se profundamente alterado. A pedogênese neste caso pode ser denominada de aditiva e os solos corresponderiam a paleossolos relictos; nas vertentes, cada período erosivo e de deposição era sucedido por uma fase de pedogênese. Os períodos erosivos teriam intensidade apenas suficiente para decaptar os horizontes A dos perfis de solos e seriam sucedidos por períodos de deposição. A pedogênese seria sucessiva e teríamos nos perfis, os testemunhos de paleossolos enterrados ou fósseis.

RANZANI et al.(1972) estudaram a superfície de cimeira do Planalto Ocidental Paulista, que preserva superfícies de pediplanação, paleossolos e concreções ferruginosas elaboradas entre o Plioceno e o Pleistoceno Inferior. Devido ao seccionamento topográfico e hidrográfico, o conjunto não apresenta continuidade morfológica na zona de reverso de cuevas, como acontece em outras serras do estado.

No planalto de Echaporã, LEPSCH et al.(1977) observaram a ocorrência de mais de uma unidade de mapeamento na mesma superfície geomórfica e verificaram que a maior parte das propriedades físicas e químicas tiveram menor coeficiente de variação quando agrupadas nas unidades de mapeamento do que quando agrupadas pelas superfícies geomórficas.

Estudo cronológico da alteração dos solos da região de Marília, S.P., foi desenvolvido por QUEIROZ NETO et al.(1973), baseado na interpretação do grau de alteração, espessura e diferenciação dos horizontes dos perfis de solos. Demonstraram que estas características estão estreitamente relacionadas aos diversos elementos da paisagem regional, constituindo desta forma testemunhos de sua evolução. Os perfis que ocupam a posição de cimeira são mais espessos, com caulinita bem cristalizada. Sobre as encostas e

cimos de colinas mais baixas, o perfil é menos espesso e o horizonte B textural torna-se evidente, aparecendo maior quantidade de mica juntamente com caulinita.

LEPSCH et al.(1977) estudando a relação solo-paisagem, na superfície de Echaporã, no Planalto Ocidental do Estado de São Paulo, observaram que as propriedades do solo que são expressão dos índices de intemperismo estão relacionadas com as superfícies geomórficas, enquanto que iluviação de argilas, saturação por bases e conteúdo de carbono não diminuíram nem aumentaram regularmente da superfície mais antiga para a mais jovem.

LIMA et al.(1991) em trabalho realizado na bacia do Córrego da Balsa, Piracicaba-S.P., identificaram 5 superfícies geomórficas e 6 unidades de solos. Obseveram que a superfície mais antiga, de caráter deposicional, possui solos mais argilosos e localiza-se na parte mais elevada da paisagem. As demais superfícies seriam mais jovens e de caráter erosional. Concluíram também a partir dos dados das análises granulométricas, que os depósitos arenosos e silteosos, formadores das unidades de solos presentes na área, estão diretamente relacionados com as Formações Tatui e Itararé.

Na região da serra do Limoeiro, São Paulo, DIAS FERREIRA e QUEIROZ NETO (1974), propuseram uma sequência regional das formações superficiais e dos solos derivados, correlacionando: o período de formação geológica, a natureza do material, a posição da paisagem e as características pedológicas.

No estudo de uma transição Oxisol-Ultisol em vertentes contendo material transportado com propriedades óxicas, MONIZ e BUOL (1982) desenvolveram um modelo de fluxo lateral subsuperficial de soluções, para explicar a formação da estrutura em blocos no desenvolvimento destes solos. Importantes discussões à respeito da gênese

do horizonte B textural (Bt), baseadas no modelo citado acima foram realizadas por SCATOLINI e MONIZ (1992) e VIDAL-TORRADO e LEPSCH (1993), ambos ao longo de duas encostas em Mococa-S.P., onde foram analisados diversos atributos do solo e sua posição na vertente, levando-se em conta diferenças no material de origem e presença de lençol freático surgente. Nas transeções estudadas nestes trabalhos, os autores interpretaram o aumento gradual da estrutura em blocos, a expensas do horizonte B latossólico (Bw), como resultante do processo de adensamento por dessecação, ocasionado por ação do fluxo lateral subsuperficial de soluções, que desencadeiam os ciclos de umedecimento e secagem, promovendo desenvolvimento de agregados maiores e mais estáveis.

BEINROTH et al. (1974) estudaram as relações geomórficas de Oxisols e Ultisols, localizados respectivamente no topo e ombro de uma vertente situada no Havai explicando a mobilização das argilas, na formação dos Ultisols, como resultado do rastejamento lateral das partículas de solos (soil creep), em superfície erosional recente.

No Estado do Paraná, os trabalhos que envolvem a relação solo-paisagem são bem menos numerosos do que os desenvolvidos no Estado de São Paulo.

LIMA et al. (1979) estudaram a evolução das características pedológicas e a relação solo-paisagem em solos derivados de eruptivas básicas no Terceiro Planalto Paranaense. LIMA et al. (1984), investigaram uma sequência de solos no sudoeste do Paraná e encontraram correlação entre a posição dos solos na vertente e sua mineralogia. Observaram ainda que as formas cristalinas do ferro, alumínio e manganês foram as dominantes nas superfícies mais antigas.

SANTOS FILHO e ROCHA (1981) em pesquisa desenvolvida na região de Foz do Iguaçu, constataram que nos solos que se encontram nas superfícies de erosão mais antigas, os teores dos elementos cristalinos são bem mais elevados do que os amorfos, caracterizando baixo grau de atividade dos óxidos pedogenéticos e elevado grau de intemperismo dos solos. Nas superfícies de nível de erosão mais recente, as relações Feo/Fed, Alo/Ald e Mno/Mnd, apresentaram os maiores valores indicando menor cristalização destes óxidos e menor grau de intemperismo.

ROCHA (1981), estudou os solos e as unidades geomorfológicas na região de Curitiba. Observou que as superfícies pediplanadas residuais (Pd1), estão relacionadas com Latossolos bastante intemperizados. No entanto, sobre superfícies rejuvenescidas pelos processos de erosão recentes, como os pedimentos dissecados e superfícies de erosão das encostas, se desenvolveram solos menos intemperizados.

No sudoeste do estado do Paraná, LIMA (1979) efetuou estudos sobre as características morfológicas, granulométricas, químicas e mineralógicas da fração argila e óxidos de Fe, Al e Mn de quatro perfis derivados de rochas básicas, tendo relacionado estas características pedológicas com a posição que os mesmos ocupam na paisagem.

Na região do Segundo Planalto do Paraná são ínfimos os estudos à cerca da gênese dos solos e da relação solo-paisagem.

CAMARGO (1986) realizou estudos no município de Arapoti e observou que a superfície do sill de diabásio coordenou a evolução das unidades geomórficas e determinou a ocorrência de superfícies pediplanadas e pedimentos escalonados. As superfícies mais altas da área estudada correspondem às superfícies geomórficas mais antigas, constituídas por arenitos finos do Grupo Itararé, pouco resistentes ao intemperismo.

No município de Palmeiras, foi realizado estudo da variabilidade e organização da cobertura pedológica de algumas microbacias hidrográficas (FOURNIER, 1989). Observou-se que as posições mais altas estão geralmente associadas ao Arenito Itararé, com declividade variando de 1 a 15 %, onde os latossolos com caráter podzólico e os podzólicos com caráter latossólico ocupam as posições mais elevadas desta formação e os cambissolos húmicos as posições mais rebaixadas. Um segundo nível topográfico está associado ao Arenito Furnas, com declividades variando de 15 a 35 %, onde predominam latossolos nas partes mais elevadas e cambissolos e litossolos nos níveis inferiores. Finalmente sobre material argiloso do período holoceno, ocorrem latossolos de caráter podzólico nos níveis mais altos e cambissolos associados a solos hidromórficos em posição inferior.

PAULA SOUZA (1991) estudando uma sequência catenária na Formação Ponta Grossa, no município de mesma denominação, observou a sequência de latossolo vermelho-escuro, podzólico vermelho-escuro com caráter latossólico, podzólico vermelho-amarelo câmbico plântico, cambissolo plântico e litossolo substrato folhelho Ponta Grossa. O autor faz ressalva à grande variação das características morfológicas e químicas nesta catena, sugerindo a necessidade de indicações de uso e manejo diferenciadas, bem como estudo mais detalhado, para compreensão de sua gênese.

PAULA SOUZA (1992) estudou os latossolos e suas ocorrências fisiográficas no Município de Ponta Grossa-PR. Observou que os latossolos vermelho-escuros caráter álico podem ser encontrados em todas as posições da paisagem. Já os latossolos vermelho-amarelos que apresentaram caráter intermediário com podzólicos em todos os casos

estudados, ocorrem geralmente nas posições mais elevadas da paisagem, estando relacionados com arenitos do grupo Itararé.

Ao efetuar trabalho de levantamento dos solos do município de Ponta Grossa ROCHA et al.(1969), observaram que os latossolos vermelho-escuros, derivados de folhelhos, representam os melhores solos do município e estão situados em relevo suave ondulado e ondulado. Já os latossolos vermelho-escuros, textura média, têm sua origem ligada à materiais coluviados do arenito Itararé e podem ser encontrados, segundo o autor, nas mais variadas posições, como em situações aluviais, eluviais ou coluviais.

## 2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a carência de informações à cerca da gênese dos solos da região do Segundo Planalto Paranaense, e considerando-se toda a argumentação desta revisão, que procura ressaltar a importância da compreensão da estratigrafia e geomorfologia de uma região nos estudos de gênese e distribuição dos solos na paisagem, optou-se pela realização do presente trabalho dando ênfase aos seguintes aspectos:

- observação criteriosa da litologia e estratigrafia regional e local para melhor compreensão da influência destes materiais na formação do modelado e nos atributos físicos e químicos dos solos;
- identificação, caracterização e mapeamento das superfícies geomórficas ocorrentes na área selecionada para a pesquisa

- compartimentação da vertente em segmentos, segundo modelo de RUHE (1975) e avaliação dos processos morfogenéticos operantes no manto de solo nos diferentes segmentos;
- identificação, caracterização e mapeamento das unidades de solos;
- procedimento da quantificação de características e propriedades dos solos, relacionando-as com a posição da paisagem;
- utilização de relações matemáticas e estatísticas na descrição da variação das características e propriedades dos solos ao longo da encosta.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

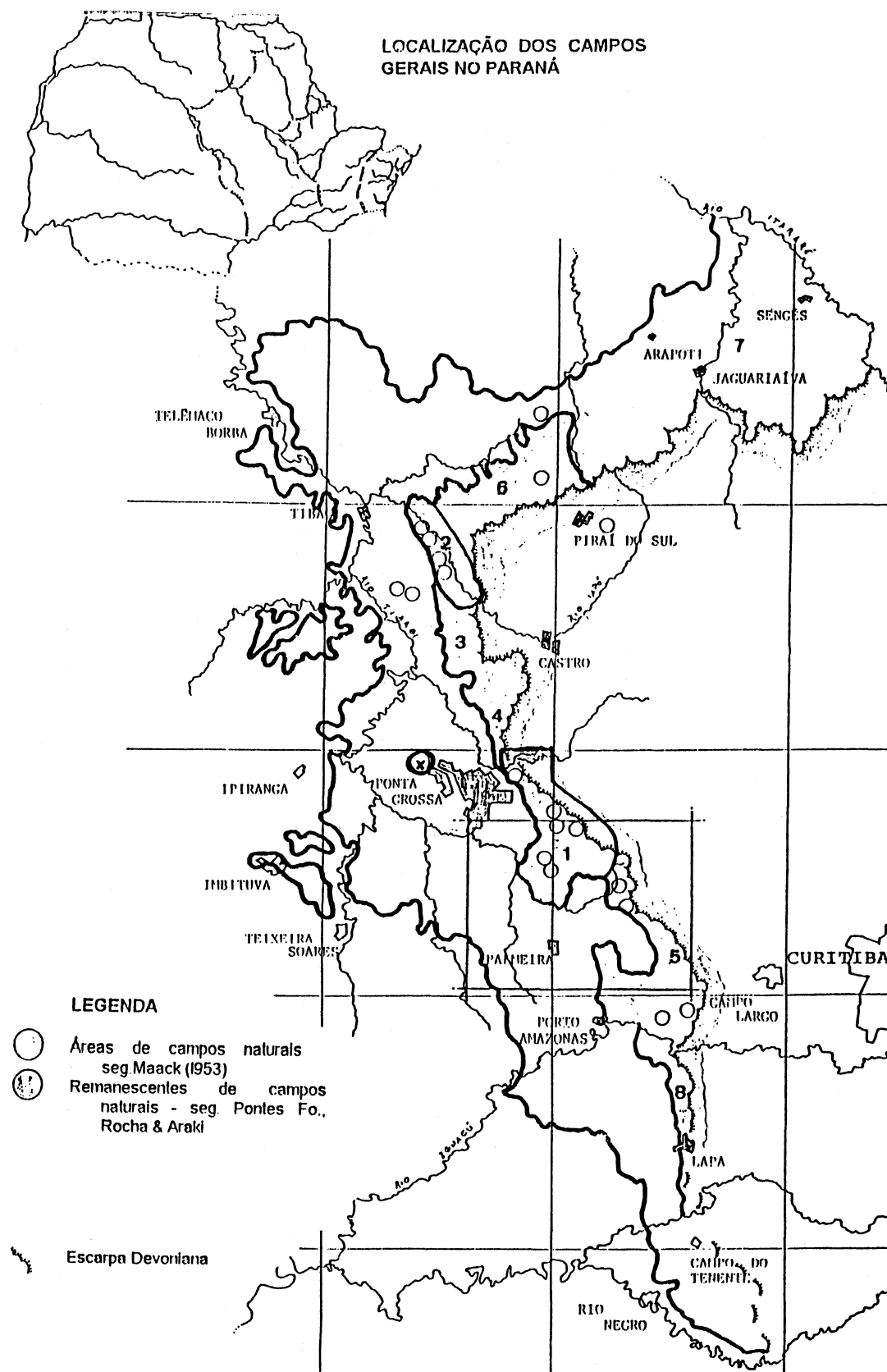
#### **3.1 MATERIAL**

##### **3.1.1 SITUAÇÃO GEOGRÁFICA**

A área selecionada para estudo está inserida na região dos Campos Gerais-PR. Esta engloba uma superfície de 20.000 Km<sup>2</sup>, situados no Segundo Planalto do Paraná, estendendo-se desde a fronteira do Estado de Santa Catarina até o limite com o estado de São Paulo (MAACK, 1981) (Figura 6).

Efetuamos a coleta de amostras de solo e de material de alteração, em área do município de Ponta Grossa, à 5 km do Campus Universitário, na estrada para o distrito de Itaiacoca, área esta circunscrita pelos paralelos de 25° 10' ao sul e 25° 00' ao norte e os meridianos de 50° 10' à oeste e 50° 00' à leste, em local denominado Capão da Onça. A vertente selecionada para a pesquisa compreende parte da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa e parte da Fazenda Modelo do IAPAR. Foram ainda feitas numerosas observações em área de entorno, no sentido de relacionar e extrapolar os resultados obtidos para maior área de abrangência.





**FIGURA 6. LOCALIZAÇÃO GERAL DA ÁREA ESTUDADA (ASSINALADA COM UM X NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA) E DOS CAMPOS GERAIS NO ESTADO DO PARANÁ**

### 3.1.2 VEGETAÇÃO

A vegetação caracteriza-se por extensos campos limpos (estepes de gramíneas baixas), como formas de relictos de um clima primitivo semi-árido do Pleistoceno, constituindo portanto a formação florística mais antiga ou primária do estado do Paraná (BIGARELLA, 1964; MAACK, 1981).

Dentre as espécies predominantes podemos citar as seguintes como mais relevantes (MAACK, 1981):

Estepe subtropical de gramíneas baixas:

- gramíneas perenes resistentes ao fogo e geada: *Andropogon sp*, *Aristida sp*, *Paspalum sp*, *Panicum sp*.

- ervas semi-arbustivas e arbustos isolados ou em grupos: pertencentes às famílias das compostas, leguminosas, melastomataceas, mirtáceas, malváceas, rubiáceas e palmáceas.

Floresta de galeria subtropical de Araucária:

- Os capões desenvolvem-se nas depressões mais úmidas ao redor das nascentes, expandindo-se nos declives até unirem-se uns aos outros, constituindo assim um complexo maior de mata. Esta é dominada por pinheiros - *Araucária brasiliensis* ou *angustifolia* - associados com lauráceas ou canelas - *Nectandra mollis* Nees., imbuia - *Ocotea porosa* Ness., jacarandá caviuna - *Dalbergia nigra* Fr. All., entre outras espécies.

Florestas secundárias ou capoeiras:

- Primariamente vegetadas por espécies de tupixaba - *Baccharis*, *Symphiopappus* e uvaranas (*Cordyline sellowiana*), após tempo suficiente, passa a apresentar quase as mesmas espécies da floresta primitiva.

Vegetação pantanosa de depressões:

- Predominam as ciperáceas do pântano: *Cyperus lactus* e outras. Encontram-se também *Andropogon lateralis*, *Arundinella hispida*, *Paspalum aproximatum* Doell., etc.

### 3.1.3 USO ATUAL DAS TERRAS

Tradicionalmente, a região dos Campos Gerais abrigou criação extensiva de gado (produção de carne e leite), sobre pastagem nativa e cultivada (MAACK, 1981).

À cerca de trinta anos, observa-se uma profunda mudança no sistema de produção, a partir do desenvolvimento de pastos de melhor qualidade e implantação de culturas anuais intensivas, principalmente de soja e cereais.

Acompanhando o desaparecimento da cobertura permanente, surgem sérios problemas agrônômicos ligados à erosão hídrica dos solos: os solos que já eram por natureza pobres (CTC reduzida e baixa saturação por bases), ficam submetidos às exportações das colheitas, erosão intensa, degradação da estrutura do solo e consequente irregularidade e diminuição dos rendimentos das culturas.

Os riscos de erosão estão condicionados aos tipos de preparo do solo que nesta região podem ser subdivididos:

- preparo convencional: 1 aração e 2 gradagens
- cultivo mínimo: 1 escarificação e 1 gradagem
- plantio direto na palha: a palha da cultura anterior não é revolvida, constituindo um mulch de 5 a 10cm. A semeadura é praticada com semeadora específica, após utilização do rolo faca e/ou dessecação por herbicidas.

A semeadura direta, que praticamente elimina os sérios problemas de erosão, vem sendo praticada à cerca de 20 anos nesta região por agricultores mais esclarecidos.

### 3.1.4 CLIMA

O clima da região enquadra-se como mesotérmico úmido, do tipo subtropical úmido de altitude. A classificação, segundo Koepenn é Cfb: sempre úmido, clima quente temperado, mês mais quente com temperatura média de 22°C, onze meses com temperaturas médias maiores que 10°C, com mais de 5 geadas noturnas por ano. Em suma, trata-se de um clima subtropical úmido com verões brandos e invernos com geadas frequentes, sem estação seca definida (MAACK,1981).

#### 3.1.4.1 Pluviosidade

A precipitação pluviométrica média anual é de 1422,8 mm, segundo MAACK (1981), concentrando-se principalmente nos meses de janeiro e fevereiro e também em novembro porém com menor intensidade. Entre os meses de abril e agosto ocorrem os menores índices de precipitação pluviométrica, como pode-se observar na Tabela 1.

TABELA 1. LIMITES DE PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS MÉDIAS  
MENSAIS NA REGIÃO DE PONTA GROSSA (em mm).

MESES	CAMPOS DE PONTA GROSSA
JANEIRO	200 - 300
FEVEREIRO	175 - 200
MARÇO	125 - 150
ABRIL	75 - 100
MAIO	75 - 100
JUNHO	75 - 100
JULHO	75 - 100
AGOSTO	75 - 100
SETEMBRO	125 - 150
OUTUBRO	125 - 150
NOVEMBRO	100 - 125
DEZEMBRO	125 - 150

FONTE: LAPAR - 1978

O período de maior precipitação coincide com aquele de ocorrência de temperaturas mais elevadas, devido às correntes de circulação perturbada que definem baixa pressão atmosférica, provocando chuvas concentradas de curta duração (chuvas de verão). Outro fenômeno de formação de chuvas no período do verão se dá através do deslocamento das frentes polares, as quais muitas vezes podem permanecer semi-

estacionárias sobre o território paranaense. Neste caso as chuvas podem durar dois ou mais dias, com sensível rebaixamento da temperatura (NIMER, 1989).

#### **3.1.4.2 Temperatura**

A temperatura média anual é de 17,6°C, com temperatura máxima de 35,5°C e mínima de -4,8°C (MAACK, 1981). A tabela 2, demonstra o comportamento das médias de temperatura nas diversas estações do ano.

#### **3.1.4.3 Balanço Hídrico**

O balanço hídrico define, teoricamente, as necessidades e deficiências hídricas do solo para a manutenção da vegetação em boas condições durante o ano. Para a região em questão, assim como praticamente todo o território paranaense, não são verificadas deficiências hídricas, apresentando índice caracterizado como úmido, como pode-se verificar na Tabela 1. A evapotranspiração potencial obtida pelo método de Penman (CARAMORI e ARITA, 1988) está ilustrada na Figura 7.

TABELA 2. TEMPERATURAS MÉDIAS, SEGUNDO AS ESTAÇÕES DO ANO -  
ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE PONTA GROSSA (em °C).

MESES	MÉDIAS	MÉDIAS DAS MÁXIMAS	MÉDIAS DAS MÍNIMAS
PRIMAVERA			
SETEMBRO	16,0	23,1	10,9
OUTUBRO	17,7	24,0	12,3
NOVEMBRO	19,2	25,9	13,8
VERÃO			
DEZEMBRO	20,4	27,3	14,9
JANEIRO	21,2	27,8	16,0
FEVEREIRO	21,0	27,5	15,9
OUTONO			
MARÇO	20,3	26,4	15,3
ABRIL	17,6	24,1	11,5
MAIO	15,1	22,0	9,0
INVERNO			
JUNHO	14,0	20,5	8,8
JULHO	13,3	20,6	7,7
AGOSTO	15,0	22,5	9,3
ANO			
PRIMAVERA	17,6	24,3	12,3
VERÃO	20,9	27,5	15,6
OUTONO	17,7	24,2	11,9
INVERNO	14,1	21,2	8,5
ANUAL	17,6	24,3	12,1

Máxima absoluta: 35,5°C (em 04/10/1936)

Mínima absoluta: -4,8°C (em 10/08/1936)

plitude anual: 7,9°C

Amplitude média absoluta: 20,1°C

FONTE: MAACK - 1981

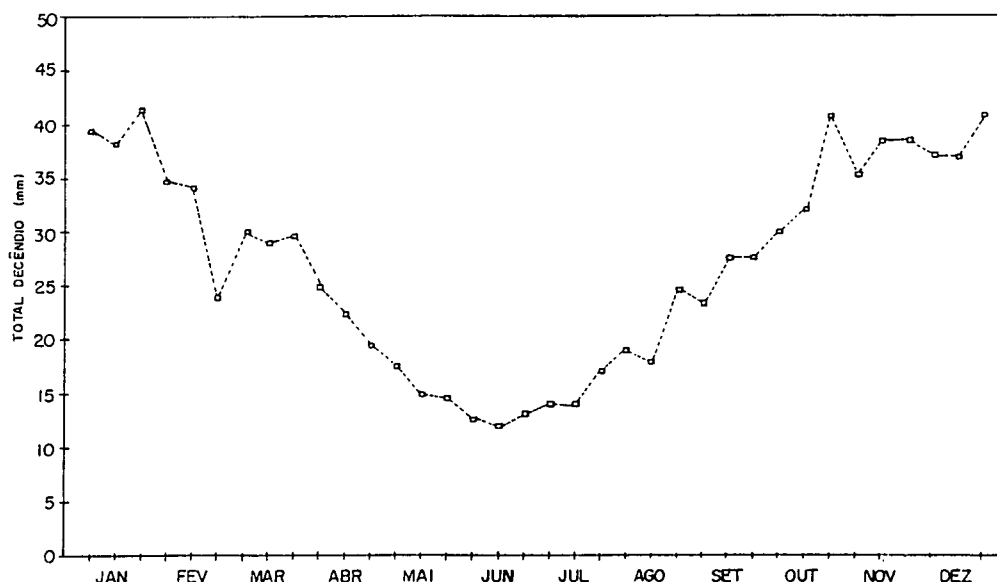


FIGURA 7. EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL POR DECÊNDIOS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA. (FONTE : BOLETIM TÉCNICO Nº 25, 1988 - IAPAR)

### 3.1.5 GEOMORFOLOGIA

O Estado do Paraná pode ser dividido em cinco zonas de paisagens naturais : o Litoral, a Serra do Mar, o Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba, o Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa e o Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava (BIGARELLA, 1954). Os três planaltos estruturais compreendem as três principais unidades geomórficas e possuem feições litológicas e estruturais muito distintas (Figura 8).

Três escarpas dividem o estado do Paraná. A escarpa da serra do Mar separa as rochas do pré-cambriano do Primeiro Planalto da planície costeira. A escarpa mesozóica da Serra Geral constitui o limite oriental do grande planalto de derrame basáltico enquanto a escarpa devoniana da Serrinha do Purunã, entre Curitiba e Ponta Grossa, é a divisa natural entre o Primeiro e o Segundo Planalto.



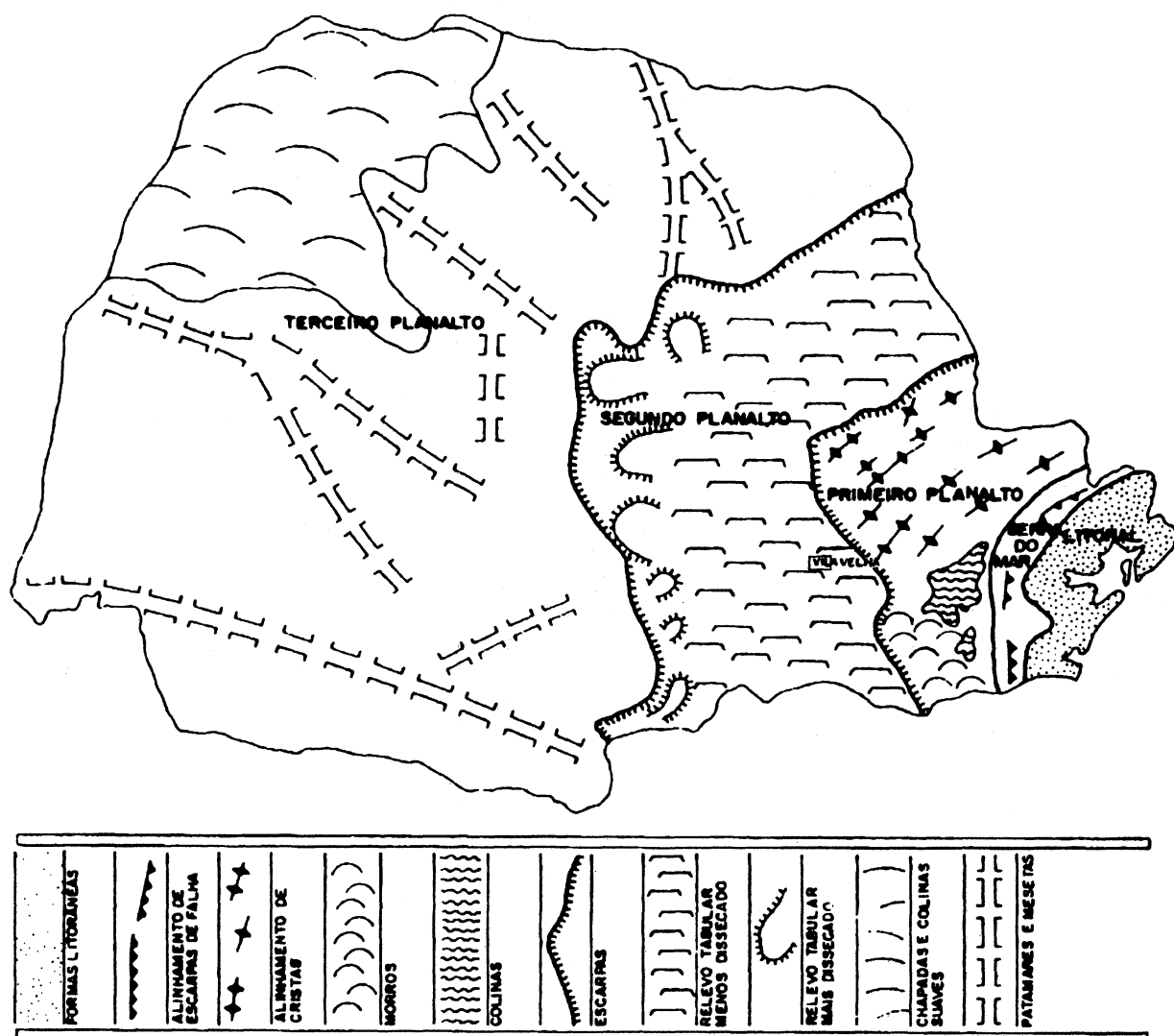


FIGURA 8. UNIDADES GEOMÓRFICAS DO ESTADO DO PARANÁ. (FONTE : PLANO DIRETOR DE VILA VELHA, 1990)

O Segundo Planalto, onde situa-se inteiramente a região dos Campos Gerais e a área objeto deste estudo, constitui uma região suavemente inclinada, a partir da escarpa devoniana, onde as altitudes atingem cotas de 1.200 metros, indo mergulhar a oeste em altitudes de 700 a 800 metros, sob a escarpa mesozóica da Serra Geral (MAACK, 1981).

O modelado característico apresenta relevo suave ondulado, com amplas colinas arredondadas, com vales de seção transversal muito ampla de vertentes convexas e

declividades da ordem de 5 a 10%. Esta paisagem encontra-se vez por outra interrompida, por pequenas cuevas ou mesetas estruturais de topo chato e bordos com quebras pronunciadas, formando feições bizarras, ruiformes, à exemplo de Vila Velha. Estas configurações se devem à bancos areníticos mais resistentes, onde ocorre desagregação mais acelerada ao longo das fraturas e diáclases, como pode-se observar na Figura 9, que ilustra a evolução geomorfológica das formas de Vila Velha.

Devido à resistência dos arenitos ao intemperismo, principalmente químico, a erosão produz um entalhamento vertical ao longo de falhas e diáclases, originando vales profundos e entalhados, constituindo verdadeiros *canyons*, de vertentes abruptas e pequena amplitude lateral.

Outra forma de erosão bastante peculiar que ocorre na região, são as denominadas furnas. São formas de depressão e desabamento constituindo poços cilíndricos profundos, extremamente incomuns em relevos de arenitos. Estas formações apenas ocorrem na área de abrangência do Arenito Furnas. São também muito comuns depressões de menor tamanho, em geral rasas, que formam lagoas temporárias nas épocas de precipitação mais intensa.

Com relação à gênese destas furnas, a hipótese mais razoável é de que tenham se formado por processos erosivos mecânicos. O intenso fraturamento, além da elevada permeabilidade do Arenito Furnas propiciam o aumento da circulação de água subterrânea e a erosão em profundidade. Com a desagregação da rocha, as partículas são carregadas em suspensão, entrando a superfície em subsidência, formando uma depressão que progride em profundidade (Figura 10).

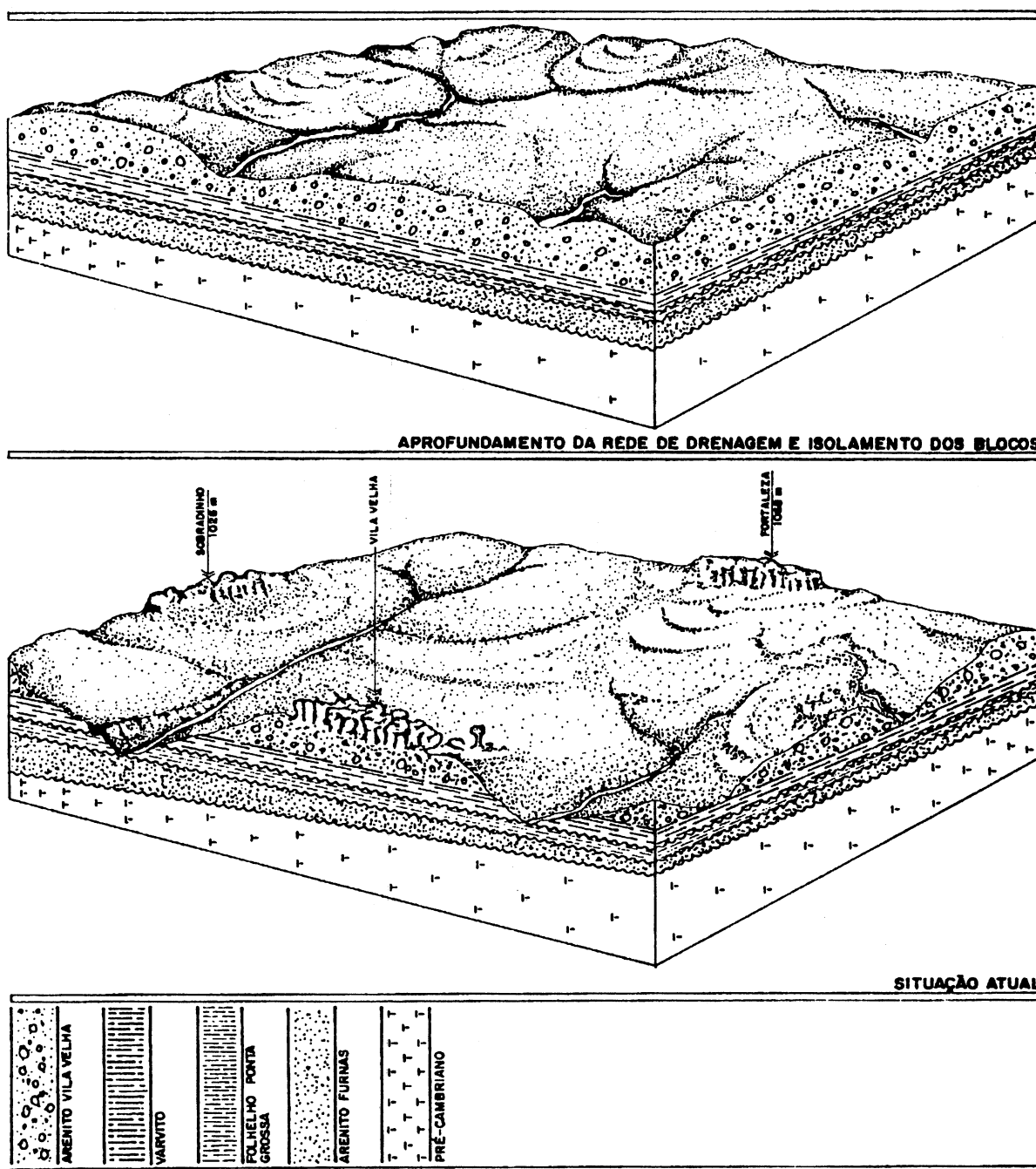


FIGURA 9. EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DE MESETAS ESTRUTURAIS À EXEMPLO DE VILA VELHA. (FONTE : PLANO DIRETOR DE VILA VELHA, 1990).

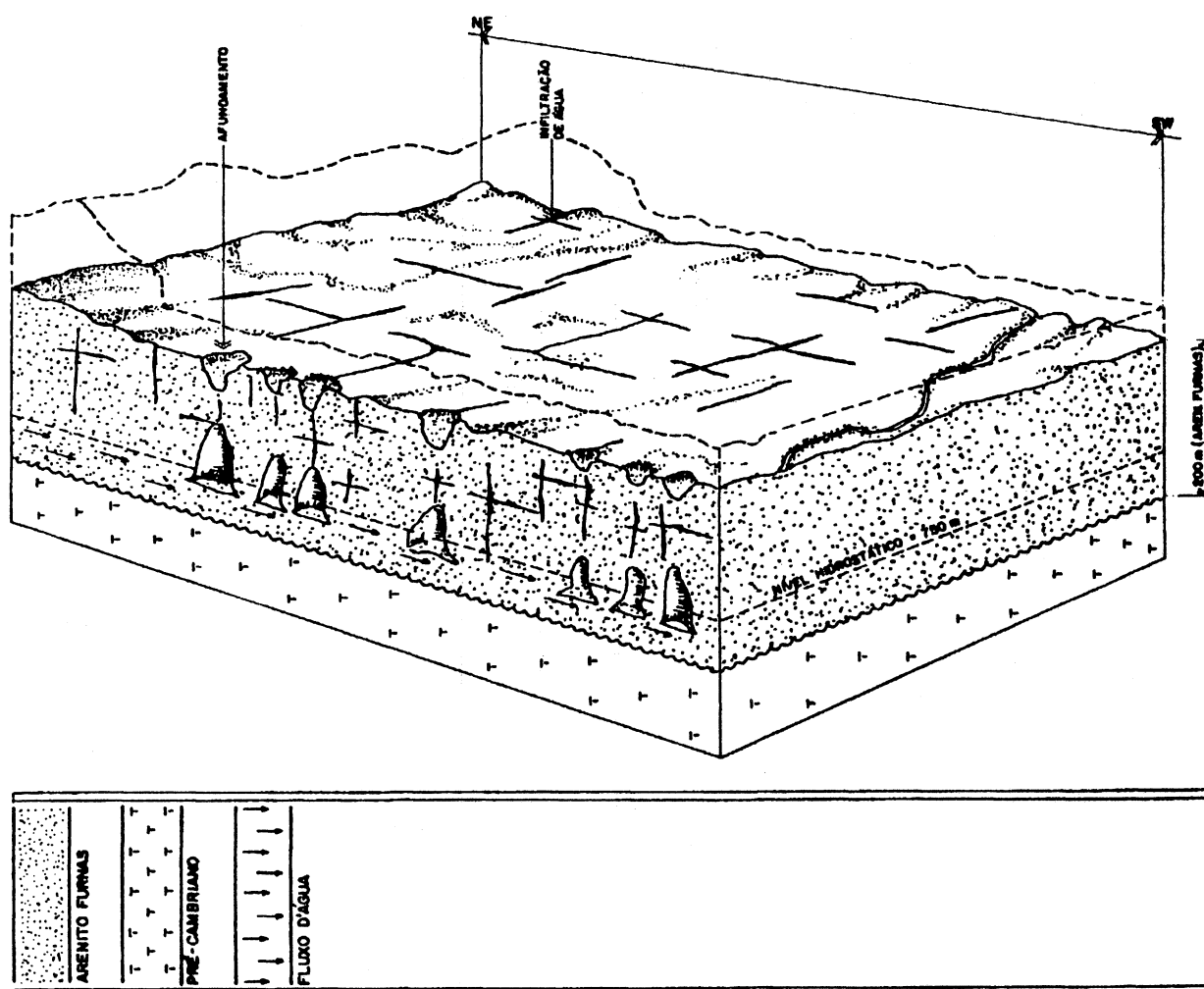


FIGURA 10. FORMAÇÃO HIPOTÉTICA DAS FURNAS. (FONTE : PLANO DIRETOR DE VILA VELHA, 1990).

### 3.1.6 GEOLOGIA

A área de estudo encontra-se inserida na Bacia Sedimentar do Paraná que constitui uma porção intracratônica, situada na parte centro-leste do continente sul-americano. A bacia cobre cerca de 1.600.000 Km<sup>2</sup> preenchidos com quase 5.000 metros de sedimentos paleozóicos, mesozóicos, lavas basálticas e localmente rochas cenozóicas, sendo 1.000.000 Km<sup>2</sup> destes situados no Brasil (SCHNEIDER, 1974).

A litologia da área estudada, de acordo com o material cartográfico disponível, é constituída essencialmente por sedimentos clásticos do período devoniano, grupo Paraná, denominados Arenito Furnas. Encontram-se ainda presentes, sedimentos aluviais e coluviais de idade mais recente. À nível regional, vale ressaltar a presença da sequência argilosa superior dos sedimentos devonianos, denominada formação Ponta Grossa, do grupo Paraná, e a porção basal da formação Campo do Tenente, do grupo Itararé, além de diques de diabásio da era mesozóica. Uma coluna estratigráfica destes componentes pode ser observada na Tabela 3.

#### **3.1.6.1 Formação Furnas**

De acordo com MAACK (1947), o devoniano paranaense ocupa uma superfície de 6.251 Km<sup>2</sup>, dos quais 4.290 Km<sup>2</sup> cabem à formação Furnas. Esta formação está assentada discordantemente sobre rochas do embasamento cristalino, sendo recoberta, na maior parte da bacia, pela formação Ponta Grossa, em contato considerado concordante por alguns autores e discordante por outros (SCHNEIDER et al., 1974).

O terreno devoniano do sul do Brasil estende-se por uma faixa contínua e arqueada, desde as vizinhanças de Faxina, no sul de São Paulo, até as cabeceiras do rio Iguaçu, na serra do Purunã, próximo à Curitiba, com cerca de 300 Km de extensão. Abrange os municípios de Itararé, Jaguariaíva, Tibagi, Piraí do Sul, Castro, Ponta Grossa e Palmeira.

O ambiente de deposição, segundo BIGARELLA (1966), está relacionado à transgressão marinha do eodevoniano, que teve sua origem em função de expressiva

subsistência dos terrenos pré-devonianos. O mar teria invadido uma área que já se achava perfeitamente aplainada e bastante intemperizada, por processo de pediplanação, em condição de clima semi-árido. Tal pormenor é verificado ao longo da escarpa devoniana, no estado do Paraná, onde pode-se observar mais de duas centenas de quilômetros, sem um acidente topográfico importante na superfície pré-devoniana examinada nestes locais, não restando dúvida quanto a ação de uma época de erosão bastante longa, capaz de transformar em um paleoplano, completamente aplainado, a antiga superfície supostamente montanhosa.

Após o desenvolvimento do pediplano, a superfície de erosão do pré-Devoniano seria submetida às condições de clima úmido, responsáveis pelo desenvolvimento de espesso regolito resultante de intemperismo químico.

A ação das ondas em avanço, sobre este manto de intemperismo formado especialmente à custa da decomposição das rochas cristalinas, forneceu a maior parte dos sedimentos arenosos de baixo grau de arredondamento, compostos principalmente de grãos de quartzo e menos frequentemente por fragmentos de grãos de feldspato já caolinizados. O material clástico mais fino, também integrante do manto de intemperismo e constituído por silte, argila e areia fina, era separado das areias grosseiras e retirado do local de sedimentação destas, pelas fortes correntes circulantes. Quando havia condições de águas mais tranquilas, depositava-se o material mais fino siltico-argiloso, que constitui as camadas de siltitos e argilitos, intercaladas nos arenitos, que ocorrem desde a base até o topo da Formação Furnas (BIGARELLA, 1966).

TABELA 3. COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO DE PONTA GROSSA.  
FONTE: PLANO DIRETOR DE VILA VELHA, 1990.

ERA	PERÍODO	UNIDADE	LITOLOGIA
C E N O Z Ó I C A	Q U A T E R N Á R I O		sedimentos aluviais e coluviais inconsolidados
M E S O Z Ó I C A	J U R Á S S I C O		diques de diabásio
P A L E O Z Ó I C A	P C E A R R M B O O N Í F E R O	S T G U U R P B U E A P R R O G Ã R O I U T P A O R A R É	Formação Campo do Tenente  argilitos castanho- avermelhados/ritmitos e diamictitos de matriz arenosa/arenito fino e médio, mal selecionado, amarelado e avermelhado, com estratificação cruzada acanalada e plano- paralela
	D E V O N I A N O	G R U P O  P A R A N Á	Formação Ponta Grossa  folhelhos, folhelhos silticos e siltitos de coloração escura, micáceos, fossilíferos, com intercalações de arenitos finos a muito finos, cinza claros, micáceos  --- Formação Furnas  arenitos médios a grosseiros, esbranquiçados, caulínicos/ arenitos conglomeráticos e arenitos finos/lentes de siltitos arenosos/estratificação cruzada acanalada freqüente

Segundo OLIVEIRA e LEONARDOS (1978) a fauna devoniana da Formação Ponta Grossa, que tem sido utilizada como referência na datação do Arenito Furnas, revela ambiente deposicional de clima frio, devido à ausência quase completa de corais, falta de briozoários, multiplicação excessiva dos taxodontes e à superabundância de trilobites.

BIGARELLA et al. (1966) não constataram a presença de um regolito pré-devoniano no embasamento. O fato da não ocorrência deste manto, pode talvez ser explicado, pela sua remoção sob a ação das ondas do mar em transgressão. Levando-se em conta a natureza do regolito, em geral facilmente removível, estes autores argumentam que não é de se estranhar que o mar em avanço tenha trabalhado o manto de decomposição, em praticamente toda sua extensão.

A formação Furnas é constituída por arenitos esbranquiçados, levemente amarelados ou ainda localmente arroxeados, médios a grosseiros, regularmente selecionados, apresentando grãos angulares e subangulares, quartzosos e com matriz caulínica. Secundariamente, ocorrem intervalos de pequena espessura de arenitos conglomeráticos, arenitos finos e siltitos argilosos micáceos (SCHNEIDER et al., 1974).

As faixas conglomeráticas sucedem-se em muitos horizontes estratigráficos irregularmente espaçados, desde a base até o topo da formação. Estas camadas são lenticulares, às vezes constituindo cunhas. Os seixos que as constituem são arredondados a subarredondados e exibem, geralmente, diâmetro em torno de 5 cm, podendo atingir 15 cm. Fenoclastos são também frequentemente encontrados sublinhando a base dos estratos cruzados. Os seixos são constituídos de quartzo leitoso e quartzito, mas foram também encontrados muitos seixos de diversos tipos de granito, gnaisses e quartzitos feldspáticos



silicificados. São ainda comuns, pelotas de argila, constituídas de caulim, encontradas geralmente na base dos estratos cruzados (FUCK, 1966).

Em maior proporção ocorrem as intercalações de clásticos mais finos, siltico-argilosos, no meio do pacote arenítico. Nestes sedimentos finos é característica a presença muito frequente de mica branca. O aparecimento destas camadas, que via de regra não ultrapassam vinte centímetros, torna-se mais constante à medida que se sobe na coluna estratigráfica, atingindo então maior importância, tanto em extensão lateral quanto em espessura (Figura 11)

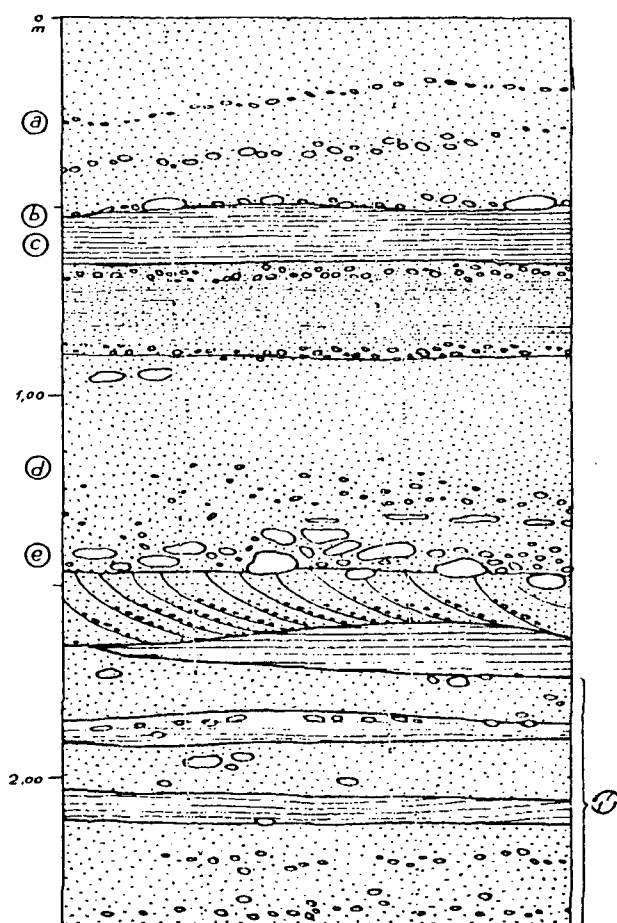


FIGURA 11. ARENITO FURNAS EM ITAPEVA (SP) - a) arenito de granulação grossa com seixos de quartzo e quartzito; b) horizontes de bolotas siltico-argilosas; c) folhelho siltico-argiloso-micáceo. FONTE: BIGARELLA et al., 1966 .

Com relação a estratificação cruzada citada acima, esta é uma das características mais marcantes da formação em apreço, se verificando em todos os seus horizontes estratigráficos e emprestando ao Arenito Furnas seu aspecto típico que o diferencia prontamente de qualquer outro arenito da bacia do Paraná. Nota-se no Arenito Furnas, dois tipos fundamentais de estratificação cruzada: estratificação cruzada plana e acanalada. Nas porções basais da formação ocorre frequentemente uma estratificação

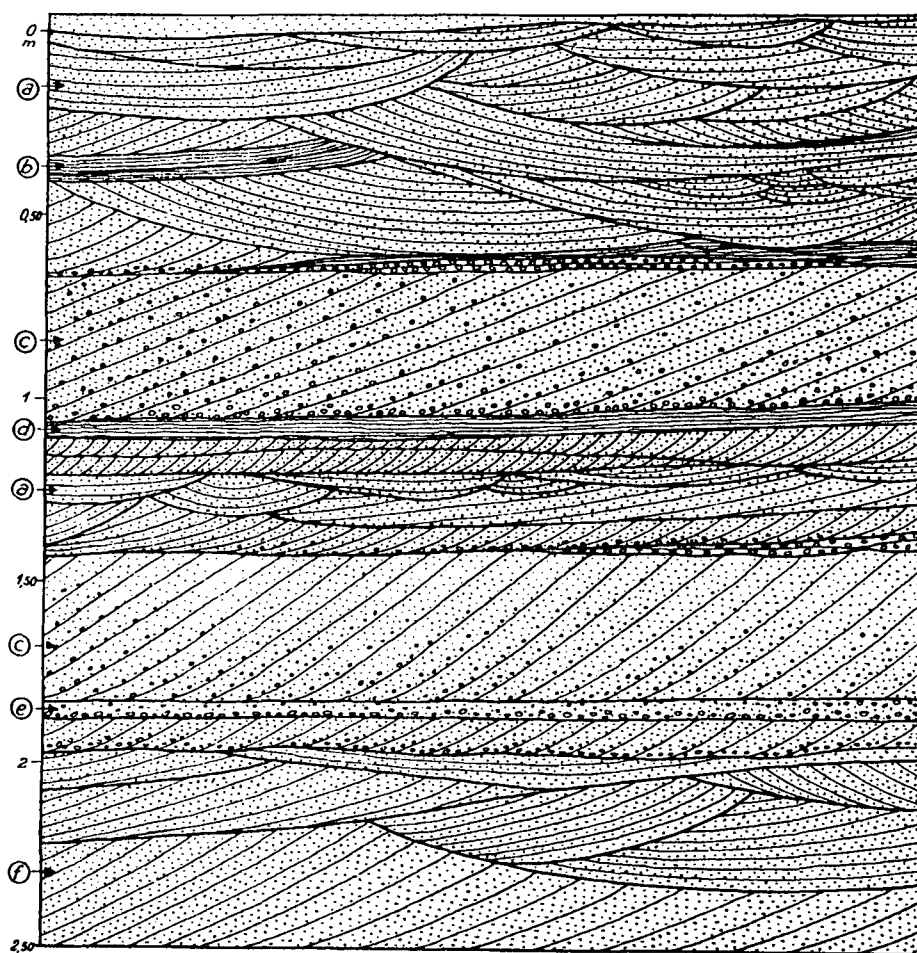


FIGURA 12. ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA DO ARENITO FURNAS ALTERNANDO OS TIPOS PLANO E ACANALADO. FONTE: BIGARELLA et al., 1966.

irregular associada com estratos cruzados. Nas camadas de clásticos mais finos, em arenitos silticos, verifica-se frequentemente uma laminação ondulada, enquanto que em

arenitos grosseiros, da porção superior da ondulação às vezes ocorre estratificação horizontal (Figura 12).

A espessura máxima observada na formação Furnas é de pouco mais de 300 metros (Figura 13), apresentando espessamento progressivo para o ocidente, atingindo as máximas profundidades em direção à parte central da bacia do Paraná (BIGARELLA et al., 1966).

Segundo SCHNEIDER (1974), o único registro paleontológico encontrado na formação é uma pista fóssil (*Rouaultia furnai*), sem valor para determinação de idade ou ambiente de deposição.

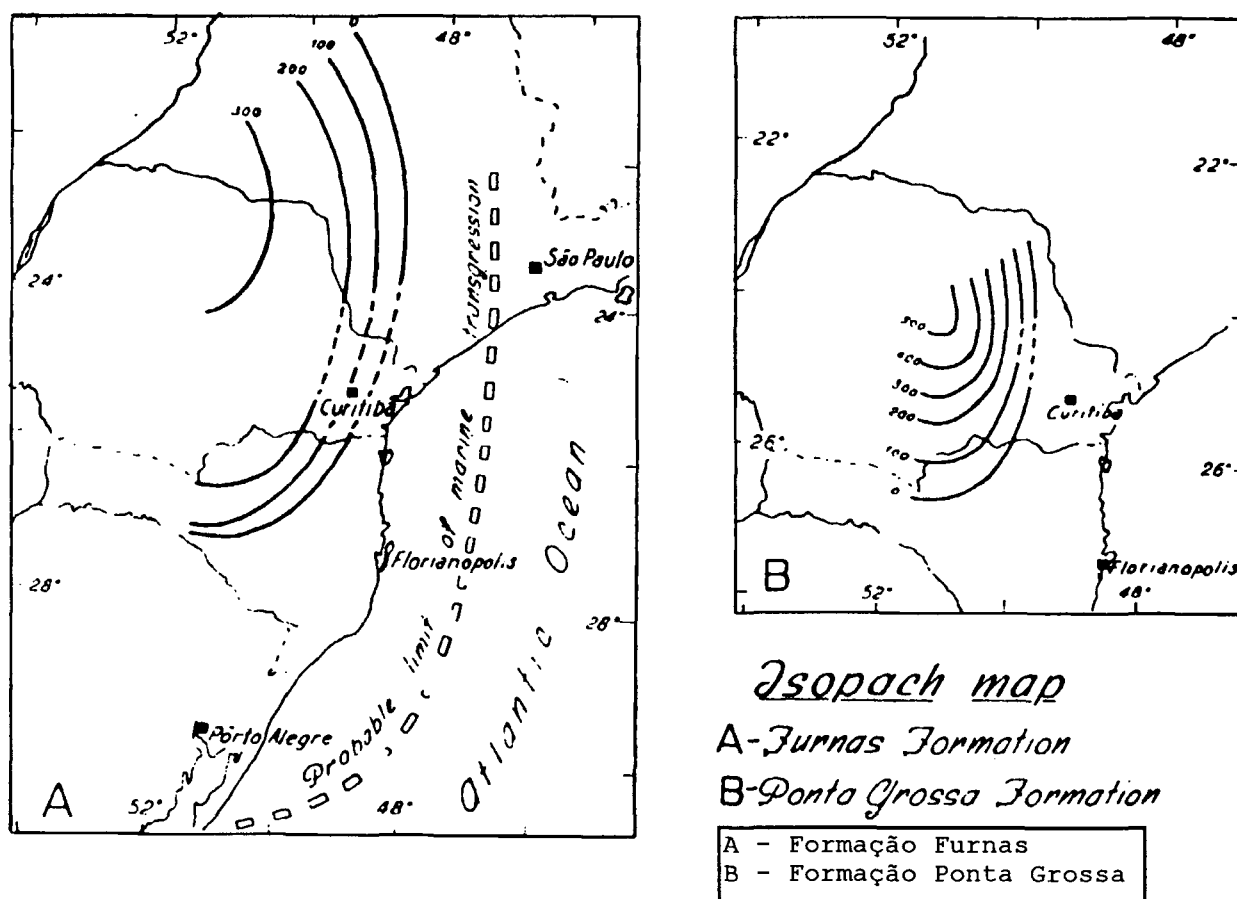


FIGURA 13. ISÓPACAS DAS FORMAÇÕES FURNAS E PONTA GROSSA  
FONTE : SALAMUNI e BIGARELLA, 1967.

### **3.1.6.2 Formação Ponta Grossa**

A Formação Ponta Grossa, que ocorre no Paraná, Goiás e Mato Grosso, é representada por folhelhos, folhelhos silticos e siltitos cinza escuro a pretos, localmente carbonosos, fossilíferos, micáceos e com intercalações de arenitos cinza claros, finos a muito finos e micáceos. As cores que predominam após alteração são amarelo, roxo e castanho. A estrutura sedimentar mais frequente na formação Ponta Grossa é a laminação plano-paralela. Ocorre ainda em menor escala, estratificação cruzada de pequeno porte, localmente acanalada (SCHNEIDER et al.,1974).

Segundo MAACK (1946), na região de Vila Velha, muito próxima da área em questão, a espessura dos folhelhos atinge 20 m. Em mapa isópaco elaborado por BIGARELLA et al. (1966), construído com dados cedidos pela Petrobrás, a isópaca mais espessa é de 500 metros, como pode-se observar na figura 13. SCHNEIDER et al. (1974), faz referência à espessura de 653 m em poço aberto pela Petrobrás em Apucarana.

O contato entre as Formações Furnas e Ponta Grossa é considerado pela maioria dos autores como concordante. O contato superior com o grupo Itararé é marcado por discordâncias erosivas.

A Formação Ponta Grossa caracteriza-se por abundância de restos fósseis, que atestam a idade devoniana, pela ocorrência de fauna rica em trilobitas, braquiópodos e quitinozoários. Tal conteúdo fossilífero indica ambiente marinho de deposição (SCHNEIDER et al.,1974).

### **3.1.6.3 Interface Formação Furnas e Formação Ponta Grossa**

BIGARELLA et al. (1966) consideram inquestionável que um agente comum de transporte e deposição tenha sido responsável pela constituição das formações Furnas e Ponta Grossa, tendo sido ambas geradas em ambiente marinho. As suas marcantes diferenças seriam resultantes de condições específicas locais. Assim, enquanto a formação Furnas representa uma fácies, em parte próxima e em parte mais distante da linha de costa, com correntes variáveis e efetivas, a formação Ponta Grossa, não obstante a sua proximidade, apresentava sítio de deposição bem mais distante do litoral, carecendo de correntes específicas e representando uma zona de maior profundidade, que propiciava apenas depósitos de granulações muito finas, argilosas ou silticas e, eventualmente areias finas, não afetados pela ação daquelas correntes.

As condições de deposição da formação Ponta Grossa propiciaram, por sua vez, desenvolvimento efetivo de atividades orgânicas, o que não sucedeu com o Furnas.

Há divergências entre os diversos autores em relação a estratigrafia superior do arenito Furnas, na área de contato com o folhelho Ponta Grossa. Alguns autores, tais como Petri, Sanford e Lange e Link, todos citados por BIGARELLA et al.(1966) admitem uma zona transicional entre as duas formações, que foi denominada na estratigrafia do devoniano paranaense, sob a denominação de camadas de transição.

Porém, BIGARELLA et al.(1966) em concordância com Maack e parcialmente com Caster, acredita que o contato entre as citadas formações seja relativamente abrupto. Segundo estes autores, e conforme citado anteriormente, a porção superior da formação Furnas, apresenta maior número de horizontes com sedimentos clásticos mais finos, que encaixam-se dentro da estrutura típica do Arenito Furnas, ou seja, no meio das camadas com estratos cruzados. Estas camadas, que ocorrem em toda a sequência estratigráfica do

Furnas, aparecem em forma de lentes preenchendo canais ou sob a forma de camadas finas mais extensas, depositadas imediatamente acima de ampla superfície de erosão, a qual trunca uma sequência de estratos cruzados. Segundo os autores citados, tais camadas silto-argilosas, algumas mesmo com caráter folhelhóide, possuem comportamento tanto estrutural quanto estratigráfico essencialmente diferente do verificado nos Folhelhos Ponta Grossa.

Como citado anteriormente, o arenito Furnas foi depositado em ambiente onde as correntes eram altamente variáveis em sua competência e capacidade de transporte. O material depositado era preferencialmente arenoso e a grande variabilidade granulométrica dos inúmeros estratos que compõe a formação, indicam as constantes variações das correntes responsáveis pela sua deposição. As inúmeras superfícies de erosão mostram as frequentes varreduras de fundo, que abriram numerosos canais dentro de sedimentos já depositados, bem como removeram grandes quantidades de sedimentos. A sedimentação de clásticos mais finos, os quais depositavam-se normalmente nos canais citados e sobre as superfícies de erosão, se dava em condição de águas mais calmas.

A medida que as águas foram ficando mais profundas, maior era a deposição de clásticos mais finos e menor a possibilidade das correntes atingirem os depósitos formados, preservando assim as camadas argilosas e siltico-argilosas. Em dada ocasião não mais vigoraram as condições para a formação dos estratos cruzados. A partir deste momento, se depositava nova sequência de sedimentos, agora pertencentes a uma fácies de águas mais profundas e tranquilas, pelo menos próximo ao fundo (BIGARELLA et al., 1966).

Conclui-se que as duas formações representam fácies diferentes de um agente singular de transporte e deposição, sendo estas diferenças resultantes de condições diversas

tais como: maior ou menor distância da costa, presença ou ausência de fortes correntes costeiras, maior ou menor profundidade da água, além de outros fatores de menor importância.

#### **3.1.6.4 Formação Campo do Tenente**

Esta formação pertence ao grupo Itararé, que compreende a sequência sedimentar de idade permo-carbonífera, cujos depósitos, caracterizados principalmente por diamictitos, refletem influências glaciais em seus diferentes ambientes deposicionais.

Este grupo engloba pacotes sedimentares que por sua extensão, espessura e características litológicas diferenciadas, foram divididos em quatro formações: Campo do Tenente, Mafra, Rio do Sul e Aquidauana (SCHNEIDER et al., 1974). Descreveremos apenas a Formação Campo do Tenente, por se encontrar relativamente próxima à área de estudo.

A litologia característica da Formação Campo do Tenente é argilito castanho avermelhado, apresentando laminação plano-paralela. Secundariamente ocorrem diamictitos e ritmitos de matriz arenosa. Em certos locais, na parte basal da unidade, ocorrem arenitos amarelos, finos e médios, mal selecionados, com estratificação plano-paralela e cruzada acanalada. Estrias glaciais foram encontradas nestes arenitos.

Esta formação apresenta espessura de 200 metros e estende-se desde a região sul de São Bento do Sul-SC, até pelo menos a região do Arco de Ponta Grossa. Limita-se inferiormente sobre rochas do Grupo Paraná e do embasamento, e superiormente com a Formação Mafra.

Atribui-se influência glacial nos depósitos desta formação, baseando-se na associação de diamictitos e pavimentos estriados. À porção essencialmente argilosa, atribui-se origem lacustre em ambiente altamente oxidante (SCHNEIDER et al., 1974).

Nas proximidades da área de estudo, no Parque Estadual de Vila Velha, a parte basal desta unidade encontra-se exposta, como pode ser observado na Figura 8.

#### **3.1.6.5 Diques de Diabásio**

Os diques de diabásio que ocorrem na região dos Campos Gerais possuem granulação fina e cortam a área predominantemente na direção N 60° W. Métodos radioativos de datação lhe atribuíram idade de cerca de 135 milhões de anos, pertencendo portanto ao Cretáceo. A extensão dos diques pode alcançar dezenas de quilômetros e a largura geralmente não ultrapassa 50-100 metros.

A rocha é cinza escura à preta, de textura diabásica. Os plagioclásios ripiformes, mostram brilho azulado. Estão dispostos ao acaso com os interstícios preenchidos por máficos.

Como o diabásio é mais susceptível ao intemperismo do que o arenito Furnas, observa-se que o prolongamento dos diques adentra os arenitos na forma de vales profundos (FUCK, 1966).



### 3.1.7 HIDROGRAFIA

Os cursos d'água principais que entalham os sedimentos do Segundo Planalto, são via de regra consequentes, enquadrando-se entre estes os rios Tibagi, Papagaios, Pitangui, Iapó, Cinzas, Jaguaricatu, São João, Jaguariaíva, entre outros de menor expressão. A área de abrangência deste estudo, está situada na bacia do rio Tibagi, cuja nascente encontra-se na região limítrofe com o município de Palmeira.

O rio Tibagi, que é o principal afluente do rio Paranapanema, tem 550 Km de extensão, ocupando sua bacia uma área total de 24.711 Km<sup>2</sup>, ou seja, 13% do território paranaense (PLANO DIRETOR DE VILA VELHA, 1990).

Grande parte dos cursos de água que fluem sobre a formação Furnas, apresentam vales de caráter jovem ou, pelo menos, rejuvenescido. Em geral são vales de pequena extensão lateral, muitas vezes assumindo o aspecto de *canyons*, com seu leito encachoeirado e em fase de erosão ativa (BIGARELLA et al., 1966).

A rede de drenagem se apresenta retangular a sub-retangular, com densidade média, sendo fortemente influenciada pelo controle tectônico-estrutural. A rede de fraturamentos e diáclases com direções N30°-60°E, N20°-60°W, se cortam transversalmente, formando uma trama reticulada, que vem a ser a linha de fraqueza natural por onde os cursos de água tendem a se localizar.

A região onde foi realizada a pesquisa em apreço, localiza-se no curso superior da bacia do rio Tibagi, consistindo parte da microbacia do rio Cará-Cará. Foram feitos vários pontos de amostragem fora da área mapeada, em direção norte, no rumo do topo mais elevado na sequência da vertente analisada. Neste sentido a paisagem é fortemente

dissecada pelo rio Verde e pelo rio São Jorge, estando o topo mais elevado no divisor de águas destes dois rios. Estes fazem parte da bacia do rio Pitangui.

Não obstante o substrato arenoso, que imprime boa permeabilidade, a água flui constantemente em nascentes e numa série de canais de 1ª ou 2ª ordem, dentro da área estudada e de seus entornos.

Face às características físicas do Arenito Furnas, como a alta permeabilidade e as falhas e fraturamentos, é interessante ressaltar que alguns rios e canais de drenagens da região passam a correr subterraneamente, conforme acontece com os rios Itararé, Funil, Pitangui e Quebra-Perna. Na área em apreço, observamos algumas nascentes que demonstram claramente, que a água aflorante deva verter de algum canal subterrâneo, devido à força com que brota do leito.

### 3.1.8 BASE CARTOGRÁFICA

Para o levantamento dos solos e delimitação das superfícies geomórficas foram utilizados os seguintes materiais:

- Base geológica:- Mapa Geológico - Folha Ponta Grossa SG-22-X-II-2 (AGUIAR NETO e LOPES Jr, 1966), escala 1:50.000.

- Mapa Geológico do Município de Ponta Grossa. Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. (MINEROPAR), escala 1:100.000.

- Base topográfica: Mapa planialtimétrico da Fazenda Modelo do IAPAR (KURIYAMA e LESSA, 1987), escala 1:10.000

- Fotografia Aérea: Fotos nº 46257 e 46258, do voo de 1980, ITC-PR, escala 1:25.000.

- Base Pedológica: Mapa de Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. (EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984), escala 1:600.000.

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 MÉTODOS DE CAMPO

#### Seleção da área de estudo

A seleção da área foi realizada por intermédio da utilização dos materiais cartográficos citados acima e através da observação das áreas e tradagens em campo. A escolha baseou-se na ocorrência de distintas superfícies geomórficas e por incluir as várias unidades de solos mais comuns na região, assentadas em área de abrangência da formação Furnas, de acordo com os mapas geológicos disponíveis.

#### Amostragem nas transeções

Com o auxílio de fotografias aéreas (Figura 14), foram traçadas as diversas transeções nas quais um total de 135 pontos foram amostrados, em pelo menos duas profundidades: 0 - 20 cm representando o horizonte A e 60 - 80 cm ou menos, representando o horizonte B (Figura 15).

Adotou-se como metodologia de amostragem a coleta de amostras em distância variada (entre 40 e 100 m), após proceder-se uma observação expedita em primeira etapa, em relação à tendência de variação da morfologia do manto de solo nas transeções.

O traçado da transeção T1 foi elaborado de forma que cortasse as 4 superfícies geomórficas que foram de antemão identificadas seguindo-se os critérios de DANIELS et al.(1971). As demais transeções foram traçadas com a finalidade de identificar e delimitar as unidades de mapeamento, segundo os atuais critérios taxonômicos do SNLCS (EMBRAPA, 1988).

Nas transeções T1 e T2, comparou-se a morfologia dos horizontes, colocando-se pequenas amostras destes em caixinhas de papelão, organizadas sequencialmente em profundidade, do início ao fim das transeções, e transportadas em maleta de madeira (pedocomparador), além de anotar-se em caderneta, os aspectos diferenciadores da morfologia observados em campo. Em grande parte dos pontos amostrados foram efetuadas tradagens profundas, variando de 2,0 à 9,0 m, até o horizonte C ou o contato com a rocha, não apenas para identificação das camadas em profundidade, mas também no sentido de se traçar o perfil litológico destas transeções.





FIGURA 14. PAR ESTEREOSCÓPICO DA ÁREA DE ESTUDO (ESCALA 1:25.000)

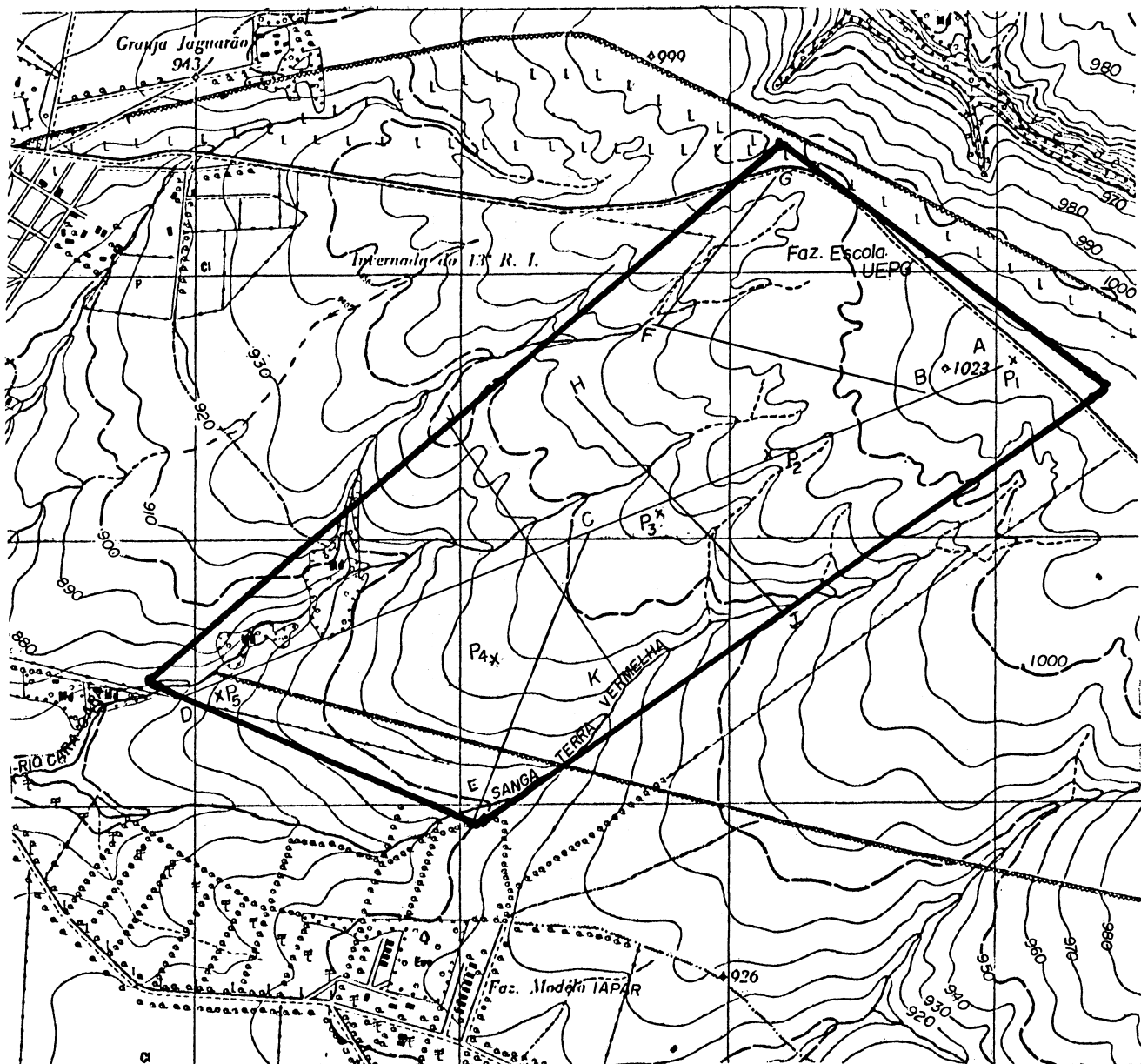


FIGURA 15. MAPA DAS CURVAS DE NÍVEL, REDE DE DRENAGEM E LOCALIZAÇÃO DAS TRANSEÇÕES E PERFIS DE SOLOS.



### Amostragem nas trincheiras

Os solos foram ainda amostrados em cinco trincheiras (Figura 15), localizadas em posições estratégicas para representar os sedimentos presentes nas quatro superfícies geomórficas e alguns segmentos das vertentes analisadas. Nestas, além das amostras deformadas, foram ainda retiradas amostras indeformadas para o procedimento das análises micromorfológicas. As amostragens profundas foram efetuadas com auxílio de trado, no intuito de verificar a homogeneidade do material de origem dos solos. A caracterização morfológica dos diversos perfis foi feita de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SBCS/SNLCS, 1984).

### Amostragem em área de entorno

Os trabalhos de campo não restringiram-se à área delimitada para a caracterização e mapeamento das superfícies geomórficas e unidades de mapeamento. Foram efetuadas diversas tradagens, principalmente nos topos das áreas circunvizinhas e observados barrancos de estrada, com a finalidade de verificar possíveis extrapolações dos resultados da pesquisa na área de entorno.

### Determinação do declive

Medidas de declividade nas unidades de mapeamento foram obtidas com o auxílio de um clinômetro.

### Parâmetro Topográfico - Distância em relação ao topo

As distâncias de cada ponto em relação ao topo da vertente foram obtidas com o auxílio do mapa planialtimétrico escala 1:10.000. No momento da coleta das amostras procurou-se marcar o ponto provável do local da coleta, utilizando-se para esta finalidade um mapa planialtimétrico com demarcações de piquetes, facilitando-se assim a localização dos pontos.

### Elaboração dos Mapas das Superfícies Geomórficas e das Unidades de Mapeamento

Em ambiente SGI (Sistema Geográfico de Informação), digitalizou-se os seguintes planos de informações (PI): drenagem, curvas de nível, superfícies geomórficas e unidades de mapeamento. A fotografia aérea da área de estudo foi escanerizada, registrada e dada a entrada no SGI como um plano de informação, sobre o qual foi sobreposto o PI das superfícies geomórficas. Os mapas finais foram plotados na escala 1:25.000.

### 3.2.2 MÉTODOS DE LABORATÓRIO

As amostras de solo foram secas em estufa de circulação de ar a 40°C e peneiradas em tamiz de 2 mm. As frações maiores que 2 mm (T.F.S.A.) foram lavadas em água corrente para separação da fração cascalho. As frações menores foram submetidas às seguintes análises:



### 3.2.2.1 Análise Granulométrica

A determinação das frações granulométricas foi efetuada após dispersão de 50 g de T.F.S.A. com NaOH e agitação em alta rotação por 15 minutos. A fração areia foi separada por tamizamento e a fração argila por sedimentação e leitura com densímetro de Bouyoucos. A fração silte (2 a 50  $\mu$ ) foi calculada por diferença (EMBRAPA, 1979). A fração areia foi separada em cinco sub-frações: areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina, segundo a escala americana, que na escala phi representam os intervalos entre -1 a 0, 0 a 1, 1 a 2, 2 a 3 e 3 a 4,33, respectivamente. A partir destes dados foram feitos gráficos de histogramas e curvas cumulativas, que foram interpretados segundo FOLK e WARD (1957) através do programa PHI (LIER e VIDAL TORRADO, 1992), que fornece média gráfica, desvio padrão, assimetria, curtose, gráficos cumulativos e histogramas .

### 3.2.2.2 Análises Químicas

- Carbono orgânico: Foi determinado pela oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio 1N, aquecido com ácido sulfúrico concentrado e titulado com sulfato ferroso 1N (PAVAN et al. 1991).

- pH em  $\text{CaCl}_2$ : Determinado por potenciometria em suspensão solo-líquido 1:2,5 (PAVAN et al., 1991).

- Calcio + magnésio trocáveis: Extraídos em solução de KCl 1N e determinados por titulação com EDTA 0,025N.

- Cálcio trocável: Extraído em solução de KCl 1N e determinado por titulação com EDTA 0,025N.

-Acidez potencial: Determinado potenciometricamente pela solução tampão SMP.

- Alumínio trocável: Extraído com solução KCl e determinado por titulometria com NaOH 0,025N.

- Fósforo: Extraído com solução de MEHLICH e determinado por colorimetria pela redução do complexo fosfomolibídico com ácido ascórbico.

- Potássio trocável: Extraído com solução de MEHLICH e determinado por fotometria de chama .

Todas as análises brevemente descritas acima foram realizadas segundo PAVAN (1991), metodologia padrão empregada nos laboratórios do estado do Paraná.

Foram ainda calculados:

- Valor S - bases trocáveis - pela soma dos teores de Ca,Mg e K extraíveis;

- Valor T - capacidade de troca de cátions - pela soma do valor S e dos teores de hidrogênio e alumínio extraíveis;

$$T = S + H + Al ;$$

- Valor V %- saturação por bases - calculado pela fórmula:

$$V\% = 100 \times S / T ;$$

- Valor m %- saturação por alumínio - calculado pela fórmula:

$$m\% = 100 \times Al / (Al + S) ;$$

- CTC / 100 g de argila - calculado pela fórmula:

$$\text{Targ} = (T / \% \text{ argila}) \times 100 ;$$

Ferro livre (Fed) - Determinado com amostras de terra moídas, de tamanho inferior a 0,2 mm e secas em estufa a 105°C. A extração foi feita à frio com solução de ditionito-citrato de sódio em agitação por 24 horas e as concentrações foram obtidas utilizando-se espectrofotômetro de absorção atômica e chama de ar acetileno (HOLMGREN, 1967);

Ferro Total: Obtido à partir dos valores de Fed, através de equação de regressão (LIMA, comunicação pessoal)

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ total} = 0,215371 + 1,23396 \times \% \text{ Fed}$$

### 3.2.2.3 Análise Mineralógica

Foram analisadas as frações areia, argila e amostras de rochas por difratometria de raios-X.

Na preparação das amostras da fração argila foi utilizada a metodologia preconizada por JACKSON (1969). Após dispersão das amostras com NaOH e obtenção da suspensão de argila, procedeu-se à eliminação dos óxidos de ferro com o emprego do ditionito de sódio à quente. Foram efetuadas sucessivas lavagens com citrato de sódio para completa eliminação do ferro. As amostras foram saturadas com magnésio e potássio. As lâminas de argila foram preparadas buscando-se a orientação das mesmas, segundo metodologia de HARWARD e THEISEN(1962), com os seguintes tratamentos:

K<sup>+</sup> 25° C

Mg<sup>++</sup> 25° C

Mg<sup>++</sup> 25° C glicolado

K<sup>+</sup> 350° C

K<sup>+</sup> 550° C

Utilizou-se difratômetro Philips, usando radiação de cobre. Os minerais foram identificados pela dimensão de seu espaçamento basal, calculado pela fórmula de Bragg e pela alteração do comportamento dos mesmos de acordo com os diferentes tratamentos citados acima (MARHALL e ROY, 1961 e BRINDLEY, 1955).

A fração areia e amostras de rochas foram analisadas diretamente em material moído.

#### **3.2.2.4 Análise Micromorfológica**

A análise micromorfológica foi efetuada em lâminas delgadas, em amostras dos horizontes A e B dos diversos perfis analisados, usando-se a metodologia de BREWER (1964), complementada por vários autores e descrita por JONGERIUS e HEINTZBERGER (1975). As amostras indeformadas foram impregnadas em resina poliéster e após endurecidas foram utilizadas na confecção das lâminas delgadas, verticalmente orientadas. Estas foram observadas com o auxílio de lupa e microscópio ótico polarizante binocular.

A descrição micromorfológica das lâminas foi feita como proposto em trabalho compilado por BREWER (1964) e CURI (1985).

### 3.2.3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente utilizando-se o programa - STATGRAPHICS Statistical Graphics System, versão 7.0. Para quantificar as relações do parâmetro de relevo - distância em relação ao topo (DT) - e os atributos físicos e químicos do solo, optou-se por análises de regressão e correlação linear. A distância em relação ao topo foi considerada como variável independente e os atributos do solo como variáveis dependentes. A notação utilizada para identificar os níveis de significância foram: n.s; \*, \*\*, \*\*\*; que referem-se a não significativo,  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ , respectivamente, referindo-se às probabilidades associadas ao teste F. Estas relações foram obtidas com os dados analisados à partir das amostragens efetuadas nas transeções T1 e T2.

Para a análise dos atributos referentes às unidades de mapeamento e superfícies geomórficas utilizou-se análise de variância. A comparação das médias, foi realizada através do teste Tukey. Foram ainda obtidos : desvio padrão, mediana, valores máximos e mínimos e coeficiente de variação dos atributos do solo, tanto nas unidades de mapeamento como nas superfícies geomórficas.

Foram tomadas as médias dos coeficientes de variação dos atributos do solo, nas unidades de mapeamento e nas superfícies geomórficas, a fim de se investigar em qual das duas situações as populações se apresentavam mais homogêneas, em relação aos atributos quantificados.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA**

#### **4.1.1 GEOLOGIA**

De acordo com os mapas geológicos disponíveis (ver item 3.1.8), toda a porção da paisagem delimitada para a realização deste trabalho situa-se na área de abrangência do arenito devoniano da formação Furnas. Porém, como já discutido no item 3.1.7, a estratigrafia regional inclui ainda duas outras formações, denominadas Ponta Grossa e Campo do Tenente, além de várias ocorrências de diques de diabásio, como pode ser observado na coluna estratigráfica da Tabela 3.

No entanto, já nos primeiros trabalhos de campo, estranhou-se a textura bastante argilosa dos solos situados na posição de cimeira da área em estudo. Efetuaram-se aí as tradagens mais profundas, atingindo até nove metros de profundidade, sem encontrar-se vestígios do saprólito. Por impossibilidade técnica não foi possível prosseguir-se nas amostragens. Após várias tradagens em posição de ombro da vertente em apreço localizou-se uma camada de sedimentos com predominância de clásticos mais finos, em posição de contato lítico com arenitos da Formação Furnas. Por este material não apresentar nenhuma estrutura típica das formações em questão, e após analisar-se a granulometria e mineralogia do mesmo, concluímos tratar-se de depósito superficial, de origem sedimentar, constituído de material retrabalhado, provavelmente das formações Ponta Grossa e Furnas, em ordem decrescente de contribuição.

Este recobrimento apresenta-se mais espesso nas porções de topo em que prevalecem solos profundos, ou seja, sem ocorrência de afloramentos rochosos, mantidos por controle litológico, tão comuns na paisagem regional e que têm Vila Velha como seu principal representante. À medida que acentua-se a declividade nas vertentes este recobrimento tende a desaparecer, ficando o Arenito Furnas em contato direto com o manto de solo subjacente. A formação Ponta Grossa encontra-se representada, em sua porção basal, em perímetro não superior a 5 km, nos arredores da área estudada. Na área de abrangência do Folhelho Ponta Grossa, prevalecem mantos de solo espessos, de textura muito argilosa e cor vermelho-escura.. Por outro lado, nas áreas de ocorrência da formação Campo do Tenente, na vizinhança da área teste, são bastante comuns os afloramentos rochosos na forma de bancos areníticos, ruiformes, que recebem as denominações locais de Vila Velha, Fortaleza, Sobradinho, etc (Figura 9).

Nos barrancos de estrada da área de entorno foi possível observar o arenito da Formação Furnas, com suas estratificações cruzadas frequentemente intercaladas por lentes de clásticos mais finos, com espessuras de até 20 cm, como constatado por BIGARELLA et al.(1965), e abordado no item 3.1.7.3 deste trabalho, para a região de interface entre a Formação Furnas e Ponta Grossa.

É possível que o depósito superficial citado esteja recobrindo a Formação Furnas em vários componentes de topo das vertentes, em posição topográfica imediatamente inferior aos já mencionados afloramentos de rochas das formações Furnas e Campo do Tenente, que ocorrem por toda a área de entorno. Presume-se tratarem-se de depósitos relacionados à superfícies de aplainamento, associados à processos de pedimentação e pediplanação semi-áridas que se instalaram após o fecho da sedimentação

cretácea, como constatado em outras localidades do Brasil Sudeste e Oriental (BIGARELLA, Ab'SÁBER e MARQUES FILHO, 1961; BIGARELLA e MOUSINHO, 1965).

Estes depósitos, cuja importância na identificação de presumíveis materiais de origem foi ressaltada por LEPSCH (1977), constituem o material do qual possivelmente se originou parte dos solos da região. No trabalho citado, realizado na região sudeste do Brasil, é atribuída idade neoceno-zóica à estes sedimentos. Vários outros autores dedicaram-se também à caracterização e mapeamento de depósitos superficiais (JOURNAUX, 1973; CARVALHO e ADILSON, 1974; PENTEADO e RANZANI, 1973; QUEIROZ NETO e MODENESI, 1971).

#### 4.1.2 SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS

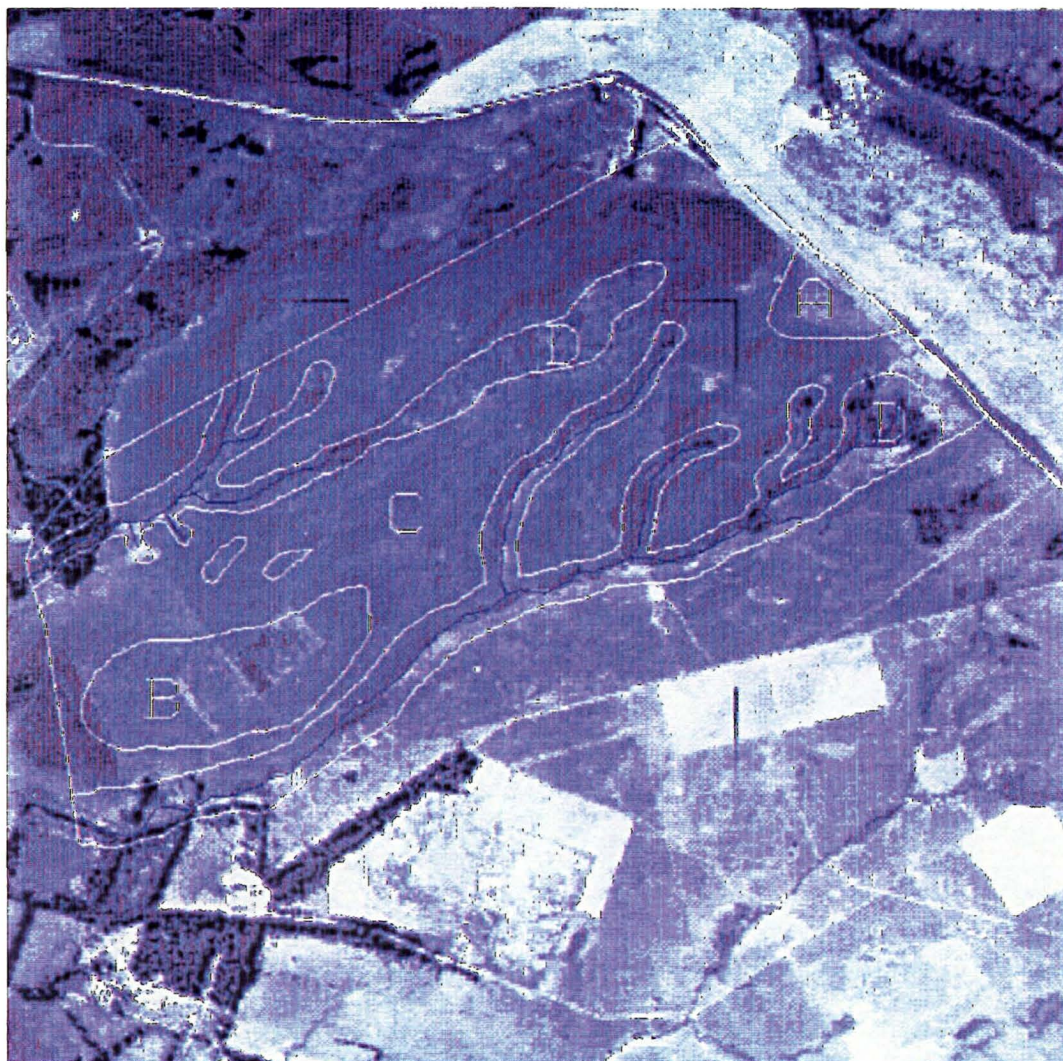
A porção da paisagem estudada é composta por um pequeno platô de forma arredondada, que cai suavemente para sudoeste, formando uma vertente suave ondulada, cortada vez por outra por pequenos vales em “V” fechado, localmente denominados de cangas que, ou tomam à direção das nascentes do rio Cará-Cará, ou correm para a canga Terra Vermelha, que em porção inferior da paisagem, fora da área de estudo, irá por sua vez desaguar no rio Cará-Cará, afluente do volumoso rio Tibagi . O padrão de drenagem é misto entre paralelo e retangular, quando observa-se a área estudada dentro do contexto geral da paisagem. Este comportamento é controlado pelos diaclasamentos e fraturas de arranjo retangular (ver item 3.1.7)



Os vários bancos areníticos, situados entre 1000 e 1200 m de altitude em toda a área dos Campos Gerais, preservam-se como verdadeiros inselbergs, à partir dos quais partem os níveis gerais inferiores. Segundo BIGARELLA et al.(1965), a parte de cimeira dos velhos planaltos paranaenses, corresponde ao pediplano mais antigo, Pd3, que teria sido elaborado no cretáceo- eoceno, coincidindo com o fim da sedimentação cretácica no Brasil. Na paisagem como um todo, que compreende relevo suave ondulado, é comum observar-se 3 a 4 patamares escalonados, desde o topo até a rede de drenagem. Estas superfícies apresentam-se algumas vezes fortemente dissecadas pela drenagem, à exemplo dos rios Verde e São Jorge, nas proximidades da área estudada, escavando vales profundos e estreitos. À propósito, o divisor de águas destes rios, situado ao norte da área teste, compreende uma superfície erosional, com altitude de 1080 m, portanto mais elevada do que o segmento de topo da área estudada. Esta é fortemente dissecada pelos dois rios citados, sendo composta por solos recentes que comportam pequenas depressões e afloramentos do arenito Furnas. Estas características prevalecem nos outros platôs da área de entorno.

Quatro superfícies geomórficas foram identificadas e mapeadas na área estudada. Na Figura 16 pode-se observar a distribuição espacial das mesmas.

A superfície geomórfica A está situada nas cotas mais elevadas, dentro da área de estudo, e apresenta relevo praticamente plano. A altitude varia de 1020 a 1030 metros, não apresentando rede de drenagem definida. O fato do solo situado abaixo desta superfície, ter espessura superior a 9,0 m, possuir granulometria fina e situar-se em posição de topo, sugere tratar-se de uma superfície deposicional. Por outro lado, a mesma obedece aos



**FIGURA 16 - MAPA COM AS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS - ESCALA 1:25.000 ↑ N**  
**A** - superfície A;    **B** - superfície B;    **C** - superfície C;    **D** - superfície D

critérios estabelecidos por RUHE (1967) e citados no item 2.4 deste trabalho, para uma superfície deposicional: não ser erodida; não truncar a zona de intemperismo e ter declividade suficientemente pequena para impedir a erosão.

O solo subjacente apresenta textura argilosa, tendendo à muito argilosa, cor vermelho-escura e elevada porosidade. Tudo indica que o material de origem do solo, compreendido nesta superfície, seja o depósito superficial de sedimentos retrabalhados, discutido no item anterior.

A superfície geomórfica B, como pode ser observado na figura 16, não faz limite com a superfície A e parece ser um remanescente do pedissedimento que compôs esta superfície que sofreu menor ação erosiva que as demais áreas que a cercam. Apresenta declividade de 0 a 3%, não tem rede de drenagem definida e possui cotas entre 930 e 940 m. O solo imediatamente abaixo da mesma situa-se em posição de sopé (RUHE, 1975), é bastante homogêneo e tem espessura em torno de 5,0 m. A diferença de textura entre os solos situados nas superfícies A e B expressa variação do material de origem do pedissedimento da qual ambas são originadas, com contribuição de materiais de menor granulometria na área de topo e de materiais de granulometria mais grosseira nas cotas mais rebaixadas.

Estas características, aliadas ao cumprimento dos critérios estabelecidos por RUHE (1967), citados para a superfície anterior, também sugerem origem deposicional à esta superfície. A superfície C é a que abrange a maior área da paisagem em estudo (Tabela 4) e é composta por vários segmentos de vertente com declives suaves (3 a 15 %). Neste aspecto é um compartimento geomórfico relativamente complexo, pois compreende porções que podem ser caracterizadas como: ombro (RUHE, 1975), declive complexo com

reptação (DARLYMPLE, 1968), seções detríticas (KING, 1953); ou sopés (RUHE, 1975), sopé coluvial (DARLYMPLE, 1968), pedimento (KING, 1953) e meia encosta (RUHE, 1975), declive intermediário de transporte (DARLYMPLE, 1968), seção detrítica (KING, 1953). O solo subjacente à mesma possui espessuras diferenciadas, apresentando-se mais profundo nos topos e em pequenas elevações, perdendo espessura na proximidade da rede de drenagem..

TABELA 4. ÁREA E N° DE SÍTIOS AMOSTRADOS NAS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS.

Superfícies Geomórficas	A	B	C	D
Área (ha)	8,2	30,4	218,0	103,5
N° de sítos amostrados	9	7	28	22

Como pode ser observado na Figura 16, a superfície geomórfica C faz limite com as três outras superfícies identificadas na área. Sua declividade varia de 3 a 15%. Foram observadas marcas de erosão em várias localidades e presença de rede de drenagem de primeira ordem, constituída por algumas nascentes que direcionam-se para a superfície geomórfica D. Estas características associadas ao fato da mesma truncar a zona de intemperismo das superfícies A e B, sugerem a origem erosional desta superfície.

A superfície D se nivela com a rede de drenagem atual e é aquela que apresenta vertentes mais íngremes, podendo em algumas posições, na proximidade da rede de drenagem, assumir ângulos quase retos. Situa-se em posição de sopé (RUHE, 1975) ou margem de curso de água e leito de curso de água (DARLYMPLE, 1968). O manto de solo nela contido é composto por cambissolos, solos litólicos e hidromórficos indiscriminados,

além de alguns afloramentos de rochas da formação Furnas e lageados desta mesma formação sobre os quais, em várias situações, circula a rede de drenagem.

#### 4.1.3 IDADE RELATIVA DAS SUPERFÍCIES

O conhecimento da idade absoluta ou relativa das superfícies geomórficas tem sido usado por diversos autores nos estudos da relação solo paisagem (WAMBEKE, 1962; DANIELS e GAMBLE, 1978; LEPSCH et al., 1977; QUEIROZ NETO et al., 1973).

Pela lei da superposição, a superfície A é a mais antiga da área de estudo. As características do solo subjacente, quais sejam: possuir espessura superior a 9,0 m, situar-se em posição de topo e não truncar nenhum outro material, sugerem idade superior às demais superfícies identificadas.

A superfície B trata-se possivelmente de uma área remanescente do pedimento elaborado sequencialmente à partir da superfície A. Possui declividade de 0 à 3 %, e não apresenta rede de drenagem definida. O manto de intemperismo imediatamente subjacente à mesma, provável pedissedimento, atinge 6,0 m de profundidade, possuindo espessura apenas inferior aos depósitos subjacentes à superfície A e compreende somente uma classe de solo (Latossolo Vermelho-Amarelo). O fato de situar-se em porção isolada e preservada da paisagem, apresentar relevo quase plano com regolito homogêneo e profundo e localizar-se em cota inferior à superfície A sugere que, comparativamente, seja de idade inferior à esta última, porém superior às demais superfícies, inclusive por ser seccionada pela superfície C, com a qual delimita-se.

A superfície geomórfica C tem origem erosional, apresenta regolito de menor espessura e trunca as superfícies A e B, fatos estes que indicam idade relativa inferior à estas últimas e superior apenas à superfície D, que por constituir segmento que grada diretamente para a rede de drenagem atual, apresenta-se como a de idade mais recente (Holoceno).

## 4.2 SOLOS

Na Figura 17 pode ser observada a distribuição espacial das 10 unidades de mapeamento identificadas na área de estudo. A Tabela 5 fornece o número de pontos amostrados em cada unidade, bem como a área ocupada por cada uma delas.

TABELA 5 - Nº DE SÍTIOS AMOSTRADOS E ÁREA DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO (O significado das abreviações está na Figura 17)

Unidades de mapeamento	LEd1	LEd2	LEa1	LEa2	LEa3	LVa1	Ca1	Ca2	Ca3	GH
Área (ha)	15,0	16,4	30,5	30,0	62,5	83,0	31,1	5,5	81,8	18,8
Nº de pontos amostrados	11	11	8	7	10	18	23	7	9	10

Agrupando-se as diversas unidades do solo à nível categórico mais elevado, observa-se que a classe dos Latossolos (LE e LV) ocupa a maior área relativa, com cerca de 237,4 ha, que representam 63,4 % da área total. Seguem-se os Cambissolos (Ca), com cerca de 118,5 ha, correspondentes a 31,6 % do total e por último os Hidromórficos Indiscriminados (GH), com 18,8 ha representando 5,0 % de toda a área pesquisada. Esta distribuição relativa das classes de solo aqui descrita é bastante representativa da paisagem da cidade de Ponta Grossa e arredores.



## DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO DOS SOLOS

594

595

596

↑ N

### LEGENDA

**LEd1-** LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO A moderado  
textura argilosa ou muito argilosa fase campo subtropical

**LEd2-** LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO A  
proeminente textura argilosa fase campo subtropical

**LEa1-** LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO A moderado textura  
argilosa ou muito argilosa fase campo subtropical

**LEa2-** LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO A moderado textura  
argilosa fase campo subtropical

**LEa3-** LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO A moderado ou  
proeminente textura média fase campo subtropical

**LVa1-** LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A moderado  
textura média fase campo subtropical

**Ca1-** CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado ou proeminente textura média  
fase campo subtropical substrato arenito Furnas

**Ca2-** CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura média fase floresta  
subtropical de galeria substrato arenito Furnas

**Ca3-** ASSOCIAÇÃO DE CAMBISSOLOS E SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS  
Tb A moderado ou proeminente textura média fase campo subtropical  
substrato arenito Furnas e SOLOS HIDROMÓRFICOS  
INDISCRIMINADOS

**GH-** ASSOCIAÇÃO DE SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS  
E CAMBISSOLOS ÁLICOS Tb A proeminente textura média fase  
campo subtropical substrato arenito Furnas

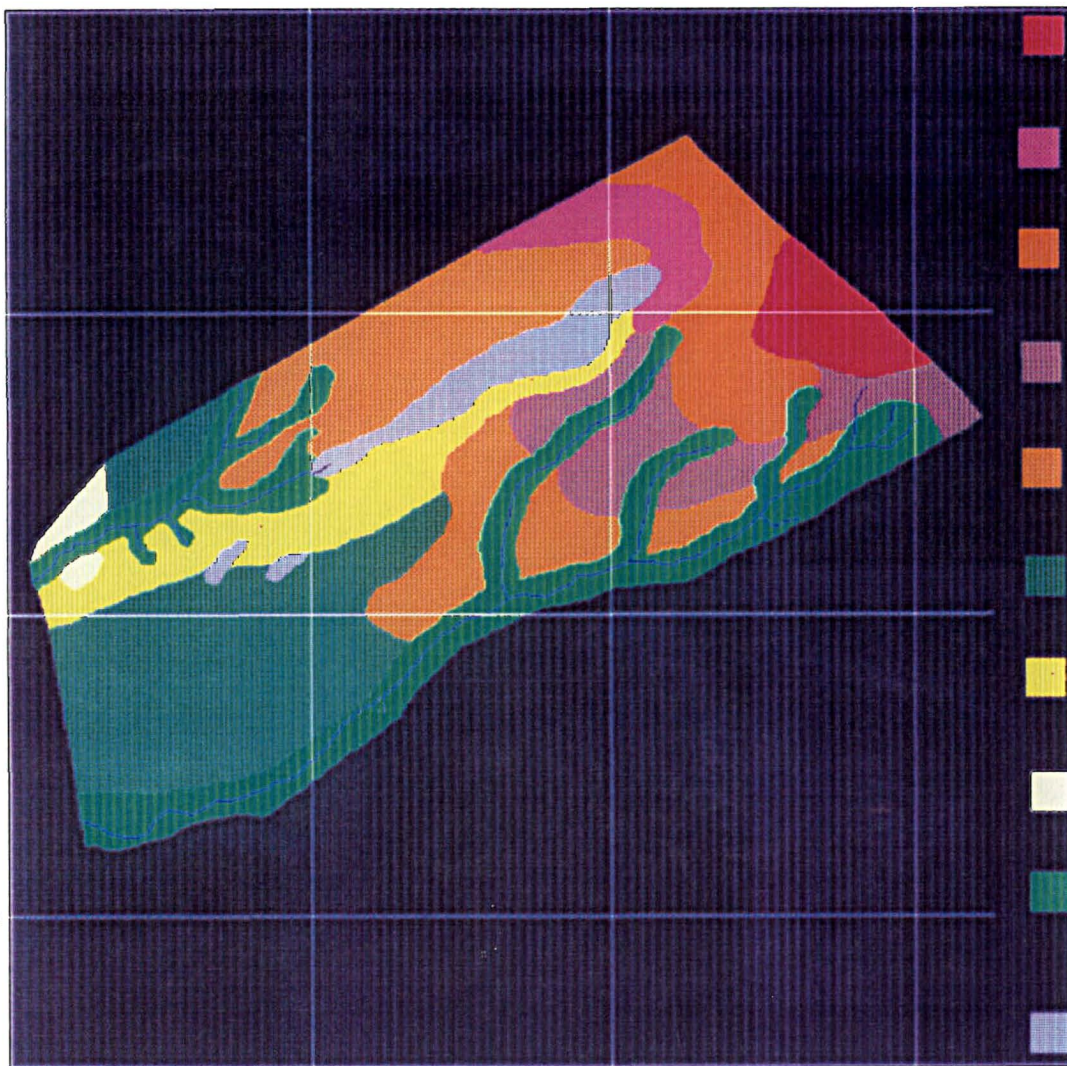


FIGURA 17 - MAPA COM AS UNIDADES DE MAPEAMENTO - ESCALA 1:25.000

#### 4.2.1 COMPARAÇÃO DE ATRIBUTOS SELECIONADOS DOS SOLOS DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO

A Tabela 6 fornece valores médios de alguns atributos selecionados das 10 unidades de mapeamento. Os solos da unidade de mapeamento LEd1 (LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa ou muito argilosa fase campo subtropical), representam os solos de maior potencial agrícola da área estudada, devido às condições de relevo, profundidade do solum e atributos químicos. O resumo de seus atributos físicos e químicos correspondem aos descritos para o perfil P1 e encontram-se na tabela 9. No Anexo 1 acha-se a descrição morfológica do mesmo. Esta unidade está localizada em posição de topo, na superfície A, e ocupa as maiores cotas da área estudada. Sua espessura ultrapassa 9,0 m, são bastante friáveis, bem drenados, com declividade variando de 0 a 6 %.

Apresenta transição clara ou difusa entre horizontes, com exceção da passagem do Bw1 para o Bw2. O horizonte Bw1 é um B latossólico típico, com estrutura granular e consistência muito friável quando úmido. A transição entre este horizonte e o Bw2 apresenta-se quase abrupta, com mudança de cor para vermelho mais puro e vivo, (de 2,5 YR 3/6 para 10R 4/8) e maior desenvolvimento dos macroagregados estruturais, que passam a ter formato predominantemente de blocos subangulares pequenos. Este aspecto permanece nos horizontes subsequentes. Informações sobre a granulometria, micromorfologia e mineralogia dos solos desta unidade podem ser obtidas nos itens 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3, respectivamente, sempre em relação ao perfil P1. Tudo indica que o material de origem deste solo seja o depósito superficial descrito no item 4.1.1, composto de



Tabela 6: Comparação entre os valores médios de atributos selecionados das unidades de mapeamento de solos, para o horizonte A (0-20cm) e B(60-80cm), pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. RT (Relação Textural) e S/A (Relação Silte/Argila).

Atributos do Solo	Unidades de Mapeamento										
	Horiz.	LEd1	LEd2	LEa1	LEa2	LEa3	LVa1	Ca1	Ca2	Ca3	GH
Argila (1)	A	59,2 d	47,5 de	55,5 cd	40,1 b	26,1 a	25,3 a	22,3 a	20,8 a	26,5 a	29,2 a
	B	62,4 ef	50,7 ef	58,7 ef	42,0 de	32,7 acd	29,4 abc	24,6 ab	22,6 a	29,0 abc	29,2 abc
S/A	A	0,04 ab	0,2 a	0,3 ab	0,2 a	0,5 bde	0,4 bcde	0,4 bde	0,4 bcde	0,2 abcd	0,6 e
	B	0,07 a	0,2 abc	0,2 abcd	0,2 ab	0,3 bc	0,3 bc	0,4 c	0,3 abc	0,2 abc	0,4 bc
pH (H <sub>2</sub> O)	A	4,7 b	4,7 b	4,0 a	4,0 a	4,0 a	4,0 a	4,0 a	3,7 a	3,8 a	4,0 a
	B	4,3 df	4,2 cdef	4,1 bc	4,1 bcd	4,1 bcde	4,1 bc	4,0 bc	3,8 a	3,9 ab	4,0 ab
Al <sup>3+</sup> (2)	A	0,3 a	0,5 ab	1,9 d	1,9 cd	1,5 cd	1,1 bc	1,6 cd	3,4 e	1,7 cd	3,6 d
	B	0,7 a	1,3 ab	1,7 bcde	1,4 abcde	0,5 ab	1,0 ab	1,4 bcd	2,9 f	1,3 abc	2,0 ce
m (1)	A	7,6 a	11,9 a	51,3 b	63,8 bcde	54,7 bcd	52,0 bc	58,0 bcd	82,5 e	73,8 bde	56,7 bcd
	B	26,5 a	37,6 a	66,1 b	60,1 b	55,2 b	60,7 b	63,1 b	85,4 c	67,7 b	70,2 bc
T (2)	A	14,7 cd	15,0 cd	15,2 cd	12,1 abc	11,1 ab	9,7 a	10,6 a	13,9 bcd	11,0 ab	15,6 d
	B	11,6 cd	12,4 d	12,1 cd	9,3 abc	8,4 a	7,8 a	9,2 ab	12,2 cd	9,2 abc	11,1 bcd
V (1)	A	39,5 b	40,7 b	13,6 a	9,1 a	10 a	12,1 a	11,3 a	5,1 a	5,5 a	13,7 a
	B	18,4 b	17,5 b	7,4 a	9,8 a	9,4 a	8,4 a	8,6 a	4,1 a	6,7 a	7,9 a
Targ (3)	A	25,1 a	31,8 ab	27,7 ab	30,7 ab	43,1 bc	39,1 abc	48,2 cd	70,4 e	42,0 bc	61,2 de
	B	18,7 a	24,9 a	20,7 a	22,9 a	26,1 ab	27,3 abc	38,5 bd	55,4 e	32,4 abcd	47,3 de
Carbono (1)	A	3,8 d	3,6 d	3,0 bcd	2,3 abc	1,9 ab	1,8 a	1,9 a	3,4 cd	2,1 ab	4,1 d
	B	2,6 f	2,4 ef	2,1 bcdef	1,5 abcde	1,4 ab	1,4 abc	1,3 a	2,2 abcdef	1,4 abcd	2,2 bdef
P (4)	A	3,2 abcde	2,4 abcde	1,2 abc	0,7 a	1,5 ab	1,5 abcd	1,3 abcd	3,9 abcde	0,8 ab	7,4 ace
	B	0,8 a	0,9 a	0,7 a	0,5 a	0,7 a	1,1 a	1,0 a	2,9 b	0,6 a	1,6 a
RT	B/A	1,05 ab	1,06 ab	1,06 ab	1,04 ab	1,27 b	1,16 ab	1,11 ab	1,11 ab	1,08 ab	1,0 a

(1) %

(2) meq/100 g TFSA

(3) meq/100 g argila (sem correção para matéria orgânica)

(4) ppm

sedimento retrabalhado das formações presentes à nível regional.

A unidade de mapeamento LEd2 (LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO A proeminente textura argilosa fase campo subtropical), difere da anterior por apresentar horizonte A proeminente, textura menos argilosa e cor do horizonte B mais brunada (5YR 3/2). Localiza-se na superfície geomórfica C, em posição de sopé (RUHE, 1975) na vertente que compreende a transeção T3 (Figura 13 e 24), posição esta que lhe confere características de acúmulo de materiais, destacando-se entre estes a matéria orgânica. Possui solum com mais de 2,0 m de espessura e é formada por material coluvial, oriundo do topo da vertente, tendo portanto influência do material que deu origem aos solos das unidades LEd1 e LEa1, juntamente com materiais retrabalhados da formação Furnas, sobre a qual esta unidade acha-se assentada.. Apresenta transição clara ou difusa entre os horizontes e consistência muito friável quando úmido. Sua declividade varia de 0 à 3 %. Na tabela 6, pode-se observar a ausência de gradiente textural e que o teor de argila no horizonte B é inferior quando comparado à unidade LEd1. O teor de carbono, P, saturação por bases (V), CTC /100g de solo (T), saturação por alumínio (m) e pH são semelhantes à LEd1, sendo CTC/100g de argila (Targ) e relação silte/argila (S/A), algo superiores, sugerindo um menor grau de intemperização e provável formação mais recente destes solos.

A unidade LEa1 (LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO A moderado textura argilosa ou muito argilosa fase campo subtropical), localiza-se na superfície geomórfica C, em posição de ombro (RUHE, 1975) ou declive convexo com reptação (DARLYMPLE et al., 1968) nas transeções T1, T2 e T3 (Figuras 13 e 17) e pode ser

representada pelo perfil P2, cuja descrição morfológica encontra-se no anexo 1 e o resumo dos atributos físicos e químicos na tabela 9.

Os solos desta unidade parece terem-se formado em material de origem similar ao da unidade LEd1. Possuem espessura de solum variando de 2,0 à 5,0 m e declividade em torno de 5 à 8 %. Observa-se na tabela 6, que o teor de argila no horizonte B é apenas levemente inferior aos dos solos da unidade LEd1, sendo no entanto superior aos da unidade LEd2. Não apresentam gradiente textural. Diferem fundamentalmente da unidade LEd1 quanto aos atributos químicos, com maior teor de alumínio trocável, sendo álicos. Caem os teores de bases trocáveis, diminuindo consideravelmente a saturação por bases. Estas mudanças nos atributos químicos podem ser em parte explicadas pela mudança de manejo agrícola em relação à LEd1. Parte desta unidade de mapeamento vem sendo manejada com pastagem cultivada em preparo convencional, enquanto a unidade LEd1, nas posições por nós amostradas, é inteiramente cultivada com culturas anuais, com plantio direto na palha. Por outro lado, devido à posição topográfica em que se situa, as perdas de bases se dão tanto no sentido descendente, em direção ao lençol freático, quanto por arraste lateral, quer seja superficialmente ou no interior do perfil, o que já configuraria um quadro natural de perda de bases e aumento da saturação por alumínio. Consequentemente os solos tornam-se mais ácidos e o teor de carbono também mostra-se algo inferior ao das unidades anteriormente citadas, apenas não sendo ainda menor, em função do elevado teor de argila.

A maior acidez do solo e o menor teor de matéria orgânica, aliados ao fator manejo, já mencionado anteriormente, explicam o menor conteúdo de P disponível. Há

apenas uma tendência de acréscimo na relação silte/argila (S/A) e na CTC/100g de argila (Targ) (tabela 6).

As características morfológicas desta unidade em muito se assemelham às da unidade LEd1, principalmente no que diz respeito às transições entre horizontes, mudança de cor e estrutura, do horizonte Bw1 para Bw2, diferindo quanto à menor espessura do solum e presença abundante de concreções de ferro, nos horizontes Bw3, BC e C, principalmente na parte basal desta unidade, onde localiza-se o perfil P2. Devido à espessura não muito profunda deste perfil, foi possível abertura de trincheira até abaixo do solum, desvendando-se 1,0 m de espessura do depósito superficial descrito no item 4.1.1, seguido da formação Furnas, neste ponto recoberta por crosta ferruginosa. A discussão da mineralogia, granulometria e micromorfologia dos solos desta unidade constam no item 4.4, relativos ao perfil P2.

A unidade de mapeamento LEa2 (LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO A moderado textura argilosa fase campo subtropical) localiza-se em posição de sopé (RUHE, 1975) ou declive com infiltração (DARLYMPLE, 1968), junto ao perfil P3, mas encontra-se também presente em posição de meia encosta superior (RUHE, 1975)(Figura 23). Observou-se ainda nesta unidade de mapeamento a presença do material retrabalhado, de clásticos mais finos, que deu origem aos solos das posições superiores, no horizonte C, à cerca de 3,5 m de profundidade. A declividade varia de 3 a 8 %. A vegetação atual é constituída por pastagem nativa típica dos Campos Gerais que vem sofrendo queimadas anuais no inverno logo após as geadas. O perfil P3 é representativo desta unidade de mapeamento e sua morfologia encontra-se descrita no Anexo 1, assim como o resumo de seus atributos químicos e físicos acham-se na tabela 9.

Observa-se na tabela 6 que não há um significativo gradiente textural ao longo do perfil e que o teor de argila, nesta porção da vertente, é relativamente menor, em relação aos latossolos citados anteriormente, caindo para cerca de 40 %. Não se observa diferenças muito significativas nos atributos químicos, em relação à unidade LEa1, diferindo no entanto em relação às unidades LEd1 e LEd2. Ainda em relação à estas unidades, cai significativamente o teor de matéria orgânica nos dois horizontes diagnósticos, o P é significativamente inferior apenas no horizonte A e a CTC/100g de argila, no horizonte B não apresenta diferença estatisticamente significativa.

A unidade de mapeamento LEa3 (LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO A moderado ou proeminente textura média fase campo subtropical) localiza-se na superfície geomórfica C, em posição de meia encosta (RUHE, 1975), ou declive intermediário de transporte (DARLYMPLE, 1968), com declividade em torno de 3 à 10 %.

A tabela 6 mostra teor de argila bem inferior às demais unidades descritas e um pequeno gradiente textural. A saturação por bases (V %) e por alumínio (m %), não diferem significativamente de LEa1 e LEa2, diferindo entretanto de LEd1 e LEd2. Cai o teor de carbono em relação às demais unidades descritas. A CTC/100g de argila (Targ), eleva-se significativamente nesta unidade e eleva-se também a relação silte/argila (S/A), sugerindo menor grau de intemperismo destes latossolos em relação aos demais já mencionados. Cabe aqui ressaltar a vizinhança, e ocorrência em mesma superfície geomórfica, destes solos com as unidades de mapeamento onde ocorrem cambissolos e hidromórficos indiscriminados. Nesta unidade de mapeamento não se observou vestígios nítidos do material retrabalhado presente nas unidades anteriormente descritas, estando o solo assentado diretamente sobre o arenito da formação Furnas. A relação textural (RT),

alcança a média mais elevada observada neste trabalho, atingindo 1,27, não alcançando os valores exigidos pelas normas do SNLCS para caracterizar horizonte B textural.

Os solos da unidade de mapeamento LVa1 (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A moderado textura média fase campo subtropical) se assemelham aos da unidade LEa3, tendo como principais diferenças, além da textura, a cor vermelha de tonalidade mais clara (5YR 5/6, úmido) e menor teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , como pode ser observado na descrição morfológica do perfil P4 (Anexo 1) e no resumo dos atributos físico e químicos do solo do mesmo perfil (tabela 9), uma vez que este situa-se em posição central desta unidade.

A maior área desta unidade de mapeamento situa-se em posição de sopé intermediário (RUHE, 1975) (ver sopé 2, Figura 22), e secundariamente em posição de ombro e meia encosta inferior (figura 17). É composta por ondulação, com declive variando entre 0 a 5% que compreende toda a superfície geomórfica B (Figura 16). Nos vários pontos de tradagem profunda não foi observada a ocorrência de sedimentos clásticos mais finos, normalmente relacionados aos solos de cimeira, como pode ser observado na descrição morfológica do perfil 4 (Anexo 1), onde a tradagem à 5,5 m de profundidade revela horizonte C nitidamente relacionado com rochas do arenito Furnas.

Os solos da unidade Ca1 (CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado ou proeminente textura média fase campo subtropical substrato Arenito Furnas) e Ca2 (CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura média fase floresta subtropical de galeria substrato Arenito Furnas), são bastante semelhantes entre si e a diferenciação foi estabelecida em função do tipo de fase de vegetação. Apresentam declividade variando entre 5 à 20 % e espessura de solum em torno de 1,0 à 2,0 m. Em alguns pontos de

tradagem observou-se tendência de formação de gradiente textural, mas nunca atendendo às exigências estabelecidas para configurar-se como B textural. A cor do horizonte B tende para os tons brunados (7,5YR 5/6), e é bastante comum a ocorrência de lençol freático umedecendo os horizontes BC e C. Em vários pontos desta unidade observa-se presença de nódulos de ferro tipo *ironstone*. Na descrição morfológica do perfil P5, situado na unidade de mapeamento Ca1, pode-se constatar estas ocorrências.

Como pode-se observar na tabela 6, a análise estatística não revelou diferenças significativas quanto ao teor de argila entre as três unidades de solos com B incipiente, porém estas diferiram significativamente em relação à este atributo quando comparadas às unidades LEd1, LEd2, LEa1 e LEa2. A unidade Ca2 apresenta pH ligeiramente mais ácido do que Ca1, maior teor de alumínio trocável e as mais elevadas taxas de saturação por alumínio detectadas na área de estudo, atingindo valores médios de 85,4 % no horizonte B. Também apresenta o maior teor médio de carbono, porém sem ter alcançado profundidade suficiente para enquadrar-se como A proeminente.

A localização destas duas unidades na paisagem é a principal responsável pelas diferenças nos atributos citados acima. Embora ambas situem-se na superfície geomórfica C e ocupem posição de meia encosta inferior e sopé (RUHE,1975)(sopé 2 na Figuras17 - ver também Figura 23), a unidade Ca2, fica limitada em pequena área, nas margens do rio Cará-Cará, onde subsiste uma floresta de galeria, de baixa densidade, com declividade, variando de 12 a 20%, enquanto a unidade Ca1 encontra-se mais espalhada na paisagem (Figura 17), com maior amplitude de declive, podendo variar de 5 a 20 %. O material de origem de ambas unidades é o arenito Furnas, que predomina em toda meia encosta

inferior (e sopé 3 e 2, nas figuras 22 e 23, respectivamente), seja na forma de sedimento retrabalhado desta formação, seja como rocha consolidada.

Os solos da unidade de mapeamento Ca3 (ASSOCIAÇÃO DE CAMBISSOLOS e SOLOS LITÓLICOS Tb ÁLICOS A moderado ou proeminente textura média fase campo subtropical substrato arenito Furnas e HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS), margeiam a rede de drenagem atual, localizando-se portanto quase inteiramente na superfície geomórfica D. Apresentam declividade variando de 5 a 20 % e compreendem predominantemente solos com horizonte B incipiente, com contribuição de solos hidromórficos margeando a rede de drenagem, ocorrência de afloramentos de arenitos da formação Furnas e solos Litólicos em menor expressão espacial.

Como pode-se observar na tabela 6, os solos desta unidade não apresentam diferença significativa no teor de argila quando comparados aos solos das unidades LVal, Ca1, Ca2 e GH. O teor de alumínio e a saturação por alumínio (m), do horizonte B, são compatíveis com os valores registrados na unidade Ca1 e levemente inferiores ao da unidade Ca2. A elevada saturação por alumínio registrada nestes cambissolos, originados à partir da formação Furnas, indica que, nas condições climáticas regionais, a associação dos fatores relevo (com declividade superior a 8 %) e material de origem (formação Furnas), leva à formação de solos com elevado caráter álico. Outrossim as unidades Ca3 e Ca2 apresentam os menores valores de saturação por bases (V %), variando entre 4 a 6 %. Estes resultados indicam que o fator declividade, associado à textura arenosa e a presença de lençol freático raso, propicia grande arraste de bases, deixando o complexo de troca saturado predominantemente por alumínio.



A CTC/100g da argila (Targ), alcança valores elevados nestas unidades, significativamente mais elevados do que nos latossolos e compatíveis com os valores encontrados na unidade GH. Estes resultados sugerem menor grau de intemperismo para estes solos.

A unidade de mapeamento GH (ASSOCIAÇÃO de HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS E CAMBISSOLOS Tb ÁLICOS A proeminente textura média fase campo subtropical substrato arenito Furnas), compreende predominantemente solos hidromórficos, com alguma contribuição de solos com B incipiente formados em pequenas elevações dentro da área de abrangência dos solos Hidromórficos. Situa-se junto à rede de drenagem atual, na superfície geomórfica D, apresentando os solos de idade mais recente. Também ocorrem na área de estudo duas depressões, que formam lagoas temporárias, situadas na superfície geomórfica C, em posição mais elevada na paisagem (Figura 17). Estas parecem-nos ser representantes, em menor escala, das curiosas formas de erosão, peculiares da formação Furnas, constituídas por depressões cilíndricas, provavelmente provocadas pela circulação de água subterrânea, erosão em profundidade e desabamento, como mencionado nos dois últimos parágrafos do item 3.1.5.

Apresentam coerentemente os maiores valores de relação silte/argila e CTC livre de carbono (Targ). Os teores de carbono também atingem nesta unidade os valores mais elevados, juntamente com o P extraível. Este pode estar associado tanto ao naturalmente elevado teor de carbono destes solos, quanto à ocupação de parte da área amostrada por suínos, criados livremente.

A relação textural (RT), do horizonte B em relação ao horizonte A, é baixa em todas as unidades de mapeamento, havendo diferença significativa apenas entre a unidade

LEa3, que apresentou a maior relação (1,27) e a unidade GH, que obteve a menor relação (1,0), as demais sendo todas semelhantes entre si (tabela 6).

#### 4.2.2 COMPARAÇÃO DE ATRIBUTOS SELECIONADOS DOS SOLOS COMPREENDIDOS NAS DIFERENTES SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS

A Tabela 7 apresenta algumas propriedades físicas e químicas selecionadas dos depósitos compreendidos nas quatro superfícies geomórficas.

Os resultados obtidos para CTC/100g de argila (T arg) mostram os menores valores para a superfície A, aumentando gradativamente nas superfícies B, C e D. Como este parâmetro é utilizado como um índice de intemperismo (SOIL SURVEY STAFF, 1975; LEPSCH et al., 1977; VIDAL TORRADO, 1989), estes resultados sugerem que a intensidade ou o grau de intemperização dos sedimentos decresça da superfície A em direção à superfície D. A relação silte/argila (S/A) é outro parâmetro largamente utilizado como índice de intemperismo, sendo sedimentos mais evoluídos, aqueles de menor relação S/A (WAMBEKE, 1962). Os resultados mostram que os valores de S/A na superfície A são semelhantes aos da superfície B e menores que os das superfícies C e D, sugerindo menor grau de evolução para os materiais das duas últimas superfícies citadas (Tabela 7 e Figura 21).

O teor de argila dos materiais situados sob a superfície A é bem mais elevado, nas duas camadas estudadas, quando comparado aos teores encontrados nas demais superfícies (B, C e D), que não apresentaram diferença significativa entre si para este atributo (Tabela 7 e Figura 20).

A relação textural (RT), não apresentou diferença significativa entre as quatro superfícies estudadas (Tabela 7).

TABELA 7. COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES MÉDIOS DE ATRIBUTOS SELECIONADOS, DOS DEPÓSITOS COMPREENDIDOS NAS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS, PELO TESTE TUKEY AO NÍVEL DE 5 % DE PROBABILIDADE .

Superfícies Geomórficas					
Atributos do Solo	Horizonte	A	B	C	D
Argila (1)	A	57,6 b	25,8 a	28,9 a	28,2 a
	B	61,3 b	31,6 a	32,1 a	29,0 a
S/A	A	0,1 a	0,4 a	0,4 a	1,9 a
	B	0,09 a	0,2 ab	0,3 b	0,3 b
pH	A	4,8 c	4,1 b	4,0 ab	3,9 a
	B	4,3 c	4,2 bc	4,1 b	4,0 a
Al <sup>+++</sup> (2)	A	0,2 a	1,2 b	1,5 b	2,8 c
	B	0,6 a	1,2 ab	1,0 a	1,8 b
m (1)	A	6,1 a	55,4 b	57,1 b	70,6 c
	B	24,7 a	61,0 b	56,7 b	71,8 c
T (2)	A	14,6 b	8,8 a	10,6 a	12,7 b
	B	11,0 b	7,0 a	8,3 a	10,2 b
V (1)	A	44,2 b	11,2 a	10,0 a	7,2 a
	B	18,6 c	9,5 ab	9,4 b	6,6 a
Targ (3)	A	26,3 a	35,3 a	39,1 ab	50,5 b
	B	18,1 a	22,3 a	28,1 a	38,6 b
Carbono (1)	A	3,8 b	1,6 a	1,9 a	2,7 a
	B	2,7 b	1,0 a	1,4 a	1,8 a
P (4)	A	2,7 a	2,4 a	0,9 a	4,0 a
	B	0,7 a	1,7 a	0,8 a	1,1 a
RT	B/A	1,06 a	1,26 a	1,13 a	1,15 a

(1) %

(2) meq/100gTFSA

(3) meq/100g argila (sem correção para matéria orgânica)

(4) ppm

Os parâmetros químicos analisados também demonstram uma marcante diferença entre os materiais da superfície A em relação aos demais. Assim, o pH, principalmente na camada superficial, mas também na de subsuperfície, apresenta valores maiores nos materiais da superfície A, decrescendo gradativamente em direção à superfície D (Figura 18). A saturação por bases (valor V) no horizonte A é muito mais alta na

superfície A, tendência que permanece, embora em menor proporção no horizonte B (Figura 20). A saturação por alumínio (valor m), é de 24,7 % na superfície A passando a 61,0 e 56,7 % nas superfícies B e C, respectivamente e para 71,8 % na superfície D (Tabela 7 e Figura 18). No teor de fósforo disponível não foram observadas diferenças significativas entre os solos das quatro superfícies (Tabela 7). Quanto à percentagem de carbono, os maiores valores obtidos foram para os solos da superfície A, que diferiu significativamente em relação às superfícies B, C e D. Estas, embora não tenham apresentado diferença significativa entre si, mostraram valores crescentes na ordem citada acima (Tabela 7 e Figura 19).

Estes resultados podem ser em parte explicados pela diferença de manejo. A superfície A vem sofrendo correções e adubações à vários anos e o preparo dos solos para culturas anuais é feito sem revolvimento (plantio direto), enquanto os solos das demais superfícies mantêm o revestimento original de campo nativo, explorado com criação extensiva de gado, sendo a queimada anual, praticamente o único tratamento dado a estes solos. Esta prática de manejo promove o aumento da acidez dos solos e a remoção de bases e matéria orgânica do sistema. Por outro lado, a diferença do material de origem nos solos de cimeira, pode também explicar as diferenças significativas nos vários atributos químicos dos solos da superfície A em relação às demais.

### 4.3 RELAÇÃO ENTRE SOLOS E SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS

Distinguem-se na área de estudo 4 superfícies geomórficas e 10 unidades de mapeamento. Nos itens 4.1 e 4.2 são discutidas suas localizações, declividades e seus atributos morfológicos, físicos e químicos.

A superfície geomórfica A cobre a maior parte da unidade de mapeamento LE<sub>d1</sub>, a única localizada nesta superfície. Da mesma forma a superfície B situa-se sobre uma única unidade de mapeamento, que vem a ser a LV<sub>a1</sub>.

A superfície C, que compreende a maior parte da área, é a mais heterogênea em relação às unidades de solos, por compreender diferentes materiais de origem e paisagem com diferentes segmentos de vertentes associados à diferenças no comportamento da dinâmica da água. Localizam-se, dentro da área ocupada por esta superfície, as unidades de mapeamento LE<sub>d2</sub>, LE<sub>a1</sub>, LE<sub>a2</sub>, LE<sub>a3</sub>, LV<sub>a1</sub>, Ca<sub>1</sub> e parte da unidade Ca<sub>2</sub>.

A superfície D, que compõe os segmentos de vale adjacentes à rede de drenagem atual, é composta pela unidade de mapeamento GH, Ca<sub>3</sub> e parte da unidade Ca<sub>2</sub>.

A tabela 8 fornece a média dos coeficientes de variação de alguns atributos do solo obtidos à partir do agrupamento das 4 superfícies geomórficas e das 10 unidades de mapeamento, para os horizontes diagnósticos de superfície (A) e subsuperfície (B).

Com exceção da saturação por alumínio (m %), que obteve média dos coeficientes de variação bem mais elevada entre os solos agrupados pelas superfícies geomórficas, os demais valores apresentam-se bastante semelhantes, nos dois horizontes analisados.

Estes resultados expressam populações apenas um pouco mais homogêneas quando os solos são agrupados de acordo com seus atributos físicos e químicos, do que quando agrupados em relação às superfícies geomórficas. Resultados semelhantes foram obtidos por LEPSCH et al. (1977), sendo que em seu trabalho, foi na saturação por bases que a diferença entre os coeficientes de variação mais se pronunciou.

TABELA 8. VALOR MÉDIO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DE ALGUNS ATRIBUTOS DO SOLO PARA AS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS E UNIDADES DE MAPEAMENTO DE SOLOS.

Atributos	HORIZONTE A		HORIZONTE B	
	Unid. Mapeam.	Superfície	Unid. Mapeam.	Superfície
	de solos	Geomórfica	de solos	Geomórfica
	----- % -----			
pH	5,3	4,8	3,2	4,5
Ca <sup>++</sup> (2)	51,0	49,5	26,4	27,2
V% (1)	45,9	42,9	32,7	31,5
m% (1)	44,6	50,9	17,8	44,72
C% (1)	29,5	32,24	31,6	29,5
Targ (3)	22,6	26,63	25,7	26,30
Argila% (1)	17,7	23,2	17,9	19,4

(1) (%)

(2) meq/100g TESA.

(3) meq/100g Argila.

O comportamento dos vários atributos dos solos nas diferentes superfícies geomórficas foi analisado em gráficos de barra, à partir dos valores médios de atributos

selecionados e do desvio-padrão em cada superfície. Partindo-se do princípio, de que a idade relativa das superfícies decresce da superfície A para a superfície D (ver item 5.1.3), pode-se verificar a relação dos diversos atributos do solo e a idade das superfícies ( figuras 18, 19, 20 e 21).

Observa-se que há decréscimo nos valores de pH da superfície mais antiga para a mais recente, acompanhado de crescente elevação da saturação por alumínio e teores de alumínio trocável (figura 18).

A superfície mais antiga (A), apresenta maiores teores de carbono e CTC/100 g de solo. Da superfície B para a D houve crescente elevação nestes atributos, porém sempre inferiores aos da superfície A (Figura 19). Estes resultados parecem estar relacionados principalmente com fatores como textura e condições de drenagem, como observado por LEPSCH et al.(1977).

A saturação por bases acompanha o teor de argila, decrescendo da superfície mais antiga para a mais recente, mostrando uma provável maior correlação daquele atributo com a textura dos solos do que propriamente com a idade relativa dos mesmos (Figura 20).

Houve elevação tanto da CTC/100g de argila (T arg) quanto da relação silte/argila (S/A) (Figura 21), da superfície mais antiga para a mais jovem. Resultados semelhantes foram encontrados por LEPSCH et al. (1977).

As superfícies mais jovens (C e D), ambas erosionais, apresentam maior variação de solos, como já comentado anteriormente, do que as superfícies mais antigas (A e B), ambas deposicionais e situadas cada qual sobre uma única unidade de mapeamento.

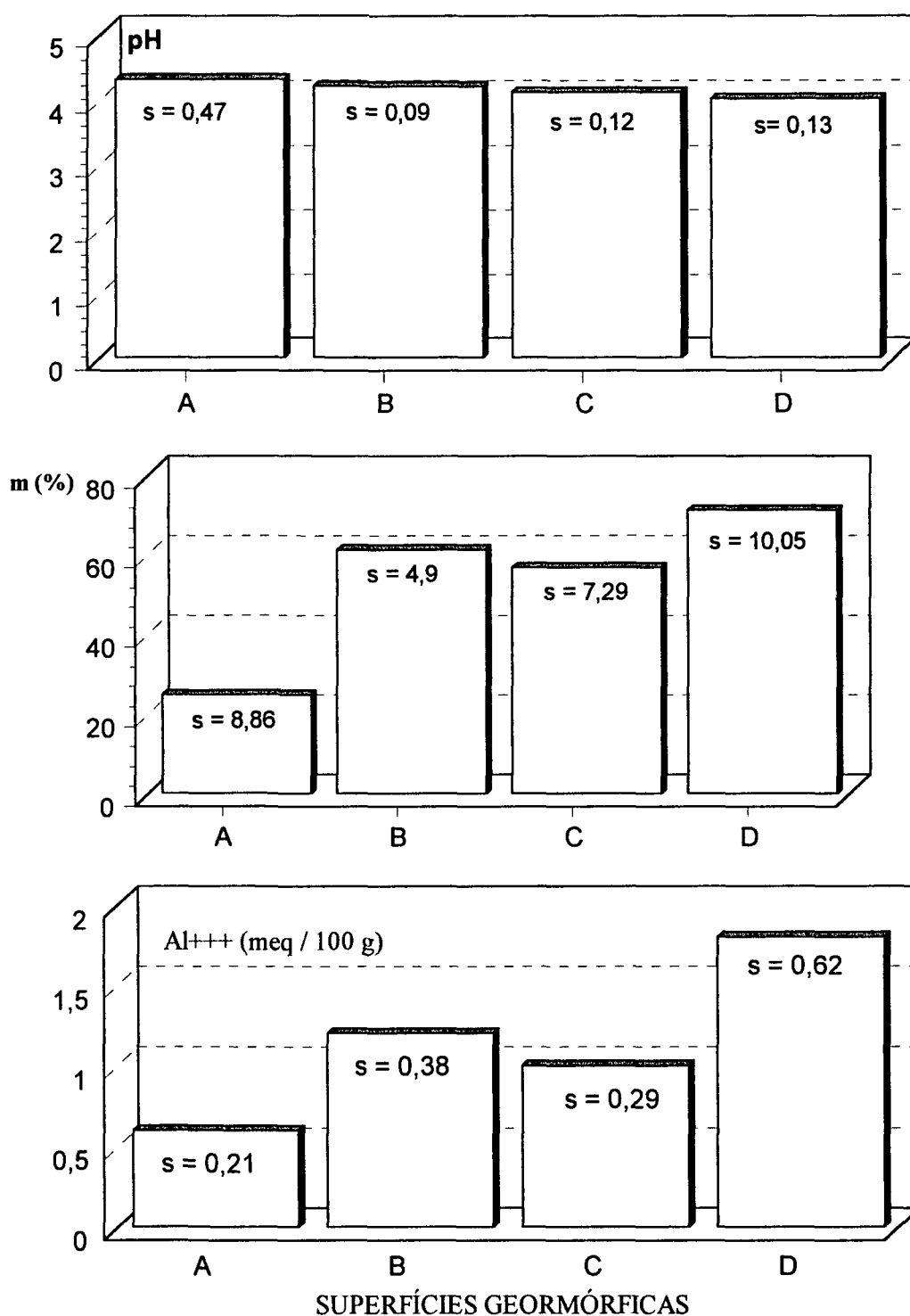


FIGURA 18. RELAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIE GEOMÓRFICA E MÉDIAS DE VALORES DE pH, SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO - m E ALUMÍNIO TROCÁVEL, NA CAMADA DE 60-80 cm (HORIZONTE B). (s = desvio padrão)



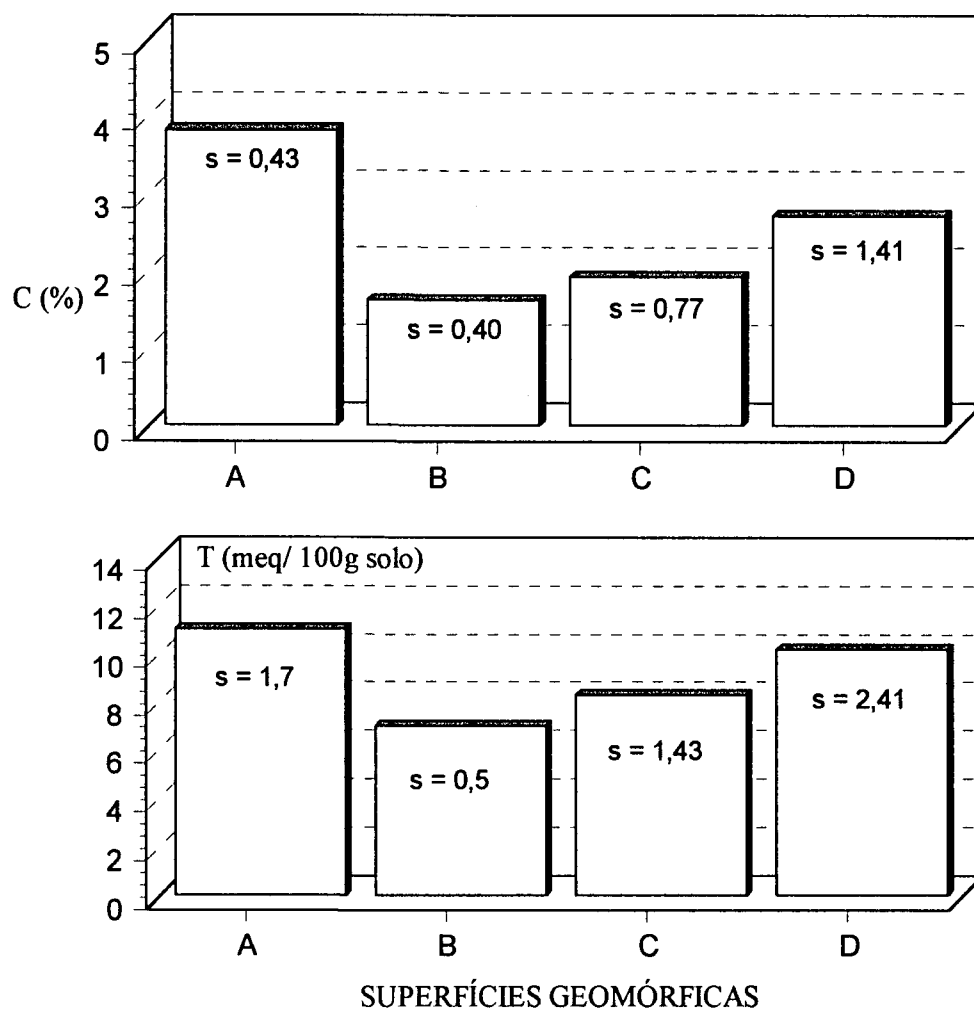


FIGURA 19. RELAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS E MÉDIAS DOS VALORES DE CARBONO (C %) , NA CAMADA DE 0-20 cm, E VALOR T NA CAMADA DE 60-80 cm (HORIZONTE B). (s = desvio padrão)

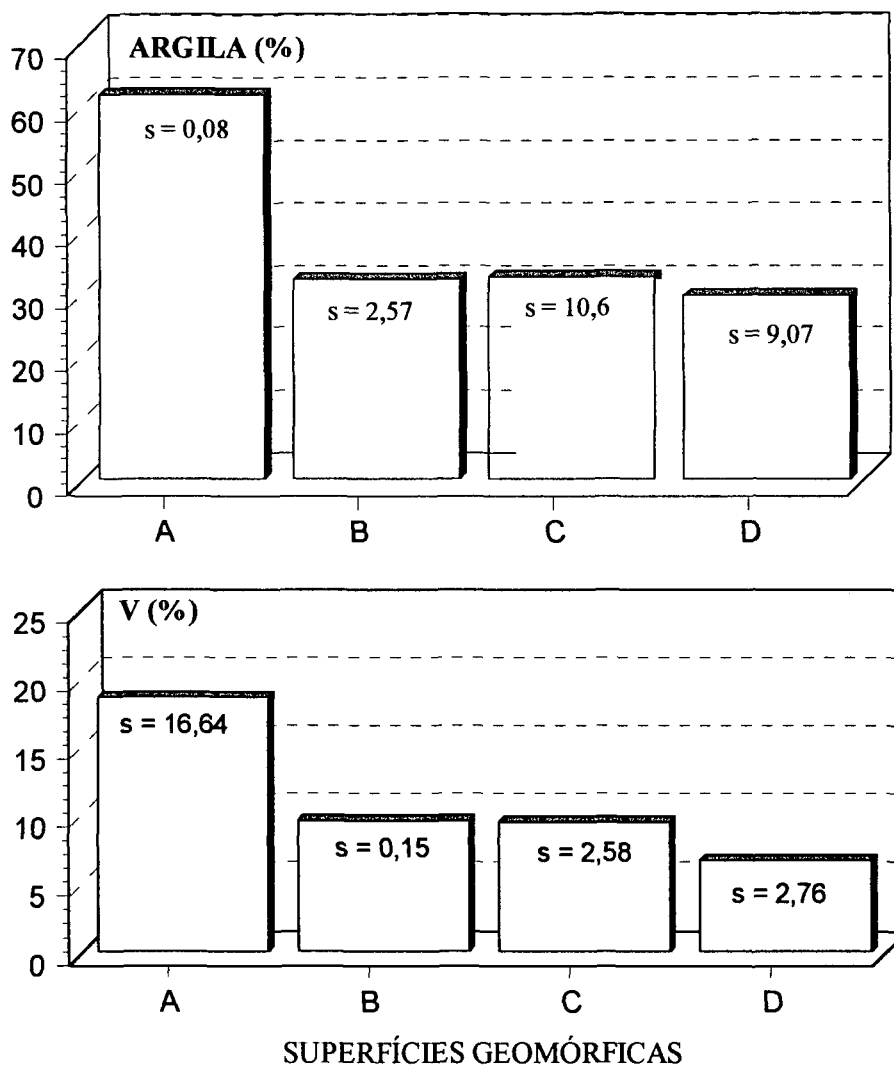


FIGURA 20. RELAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS E VALORES MÉDIOS DE % DE ARGILA E SATURAÇÃO POR BASES, AMBOS NA CAMADA DE 60-80 cm (HORIZONTE B). (s = desvio padrão)

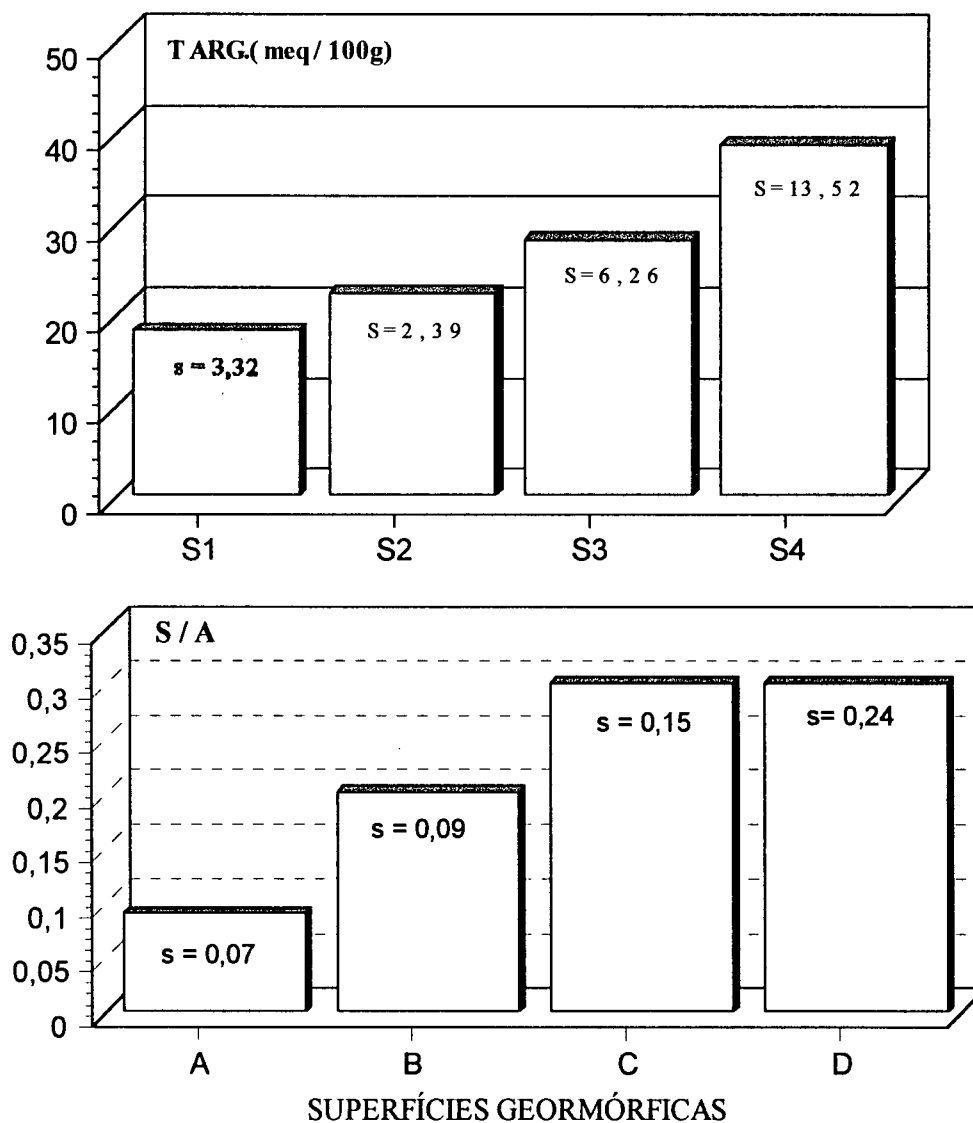


FIGURA 21. RELAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIE GEOMÓRFICAS E VALORES MÉDIOS DE CTC/ 100g de ARGILA (T/ARG) E RELAÇÃO SILTE /ARGILA (S/A), AMBOS NA CAMADA DE 60-80 cm (HORIZONTE B). (s = desvio padrão)

#### **4.4 GRANULOMETRIA, MACRO E MICROMORFOLOGIA E MINERALOGIA DE 5 PERFIS REPRESENTATIVOS DAS DIFERENTES POSIÇÕES DA VERTENTE EM ESTUDO**

##### **4.4.1 GRANULOMETRIA**

Neste item será discutida a granulometria dos materiais que compõem os 5 perfis de solos amostrados e que são por sua vez representativos dos solos subjacentes às 4 superfícies geomórficas e de algumas unidades de mapeamento, que se sucedem na vertente estudada..

Para a análise estatística do fracionamento da areia de alguns horizontes dos perfis de solos foram construídas curvas de distribuição cumulativa percentual de classes por tamanho (na escala  $\phi$ ), e utilizados os parâmetros estatísticos de FOLK e WARD, obtidos pelo programa PHI (LIER e VIDAL-TORRADO, 1992).

A quantificação das características da curva de distribuição granulométrica possibilita estabelecer comparações precisas entre sedimentos e/ou camadas de solos, permitindo inferir sobre a natureza de microambientes de deposição e possíveis discontinuidades litológicas. No Brasil diversos trabalhos empregam os parâmetros estatísticos de Folk e Ward na investigação do material de origem dos solos (DEMATTE, 1968; SUGUIO e COIMBRA, 1976; ALOISI et al. 1978; TREMOCOLDI e STENHARDT, 1987), todos citados por LIER e VIDAL-TORRADO (1992).

O perfil P1 localiza-se no topo da área estudada (Figuras 22 e 23). É representativo da superfície geomórfica A e da unidade de mapeamento LE<sub>d1</sub>. Sua

descrição morfológica encontra-se no Anexo 1 e o resumo de suas características físicas e químicas na Tabela 9.

A fração granulométrica predominante neste perfil é a argila, com teor médio de 62 % seguida da fração areia com cerca de 26 % e 12 % de silte, no horizonte B (Figura 25).

Nas Figuras 26 e 27 estão relacionados: média gráfica, desvio padrão, assimetria e curtose. A Figura 28 mostra os gráficos cumulativos e histogramas de cada amostra separadamente e do conjunto das amostras do perfil P1.

Observam-se algumas discretas diferenças nos valores de média gráfica, desvio padrão, assimetria e curtose, como também na interpretação qualitativa. Assim, a média do tamanho das partículas da fração areia ( $M_z$ ), variou de 2,1 à 2,4  $\phi$  no horizonte B dos perfis analisados e neste perfil variou de 2,2 a 2,3  $\phi$  (Figura 26).

Os dados de desvio padrão indicam o grau de selecionamento existente no material. Com exceção do horizonte Ap, que apresentou partículas moderadamente bem selecionadas, os demais horizontes e camadas, até 4,5 m de profundidade, apresentaram partículas moderadamente selecionadas (Figura 26). Quanto ao grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência (curtose), todos os horizontes deste perfil enquadraram-se como mesocúrticos (Figura 27).

O grau de assimetria retrata a medida da tendência dos dados de se dispersarem de um ou de outro lado da média, podendo assumir valores positivos ou negativos, dependendo da sua colocação à direita ou à esquerda do diâmetro médio (SEGUIO, 1973). No perfil P1, os valores ora assumem assimetria positiva, tendendo para os grãos mais

finos, ora enquadram-se como aproximadamente simétricos, estes últimos prevalecendo à partir dos 3,0 m de profundidade (Figura 27).

A análise dos histogramas apontou como moda a subfração areia fina (0,25 - 0,10 mm), em quase todas as camadas, atingindo valores próximos à 50 %. A areia média (0,5 - 0,25 mm), apresentou teores próximos aos da fração anterior, havendo equivalência de valores entre as duas frações no horizonte B2, chegando a ultrapassar os valores da areia fina no B3 à cerca de 250 cm, porém esta tendência se desfazendo para profundidades maiores (Figura 28).

O perfil P2 localiza-se em posição de ombro na vertente estudada (Figuras 22 e 23). Situa-se na superfície geomórfica C, que é bastante heterogênea abrigando várias unidades de solos. Este perfil é representativo da unidade de mapeamento LEa1. Sua descrição morfológica encontra-se no Anexo 1 e o resumo de suas características físicas e químicas na Tabela 9.

A fração granulométrica predominante neste perfil é a argila, com 68 % , seguindo-se a fração areia, com 24,2 % e o silte com 7,8 % , no horizonte Bw2 (Figura 25).

Os horizontes deste perfil, quando comparados aos do anteriormente descrito, não apresentam diferenças perceptíveis quanto aos parâmetros estatísticos de Folk e Ward. Os histogramas também apresentam como moda a areia fina, com valores bastante aproximados de areia média.

O perfil P3 localiza-se na vertente em posição de sopé (Figuras 22 e 23). Está situado na superfície geomórfica III e é representativo da unidade de mapeamento LEa2.

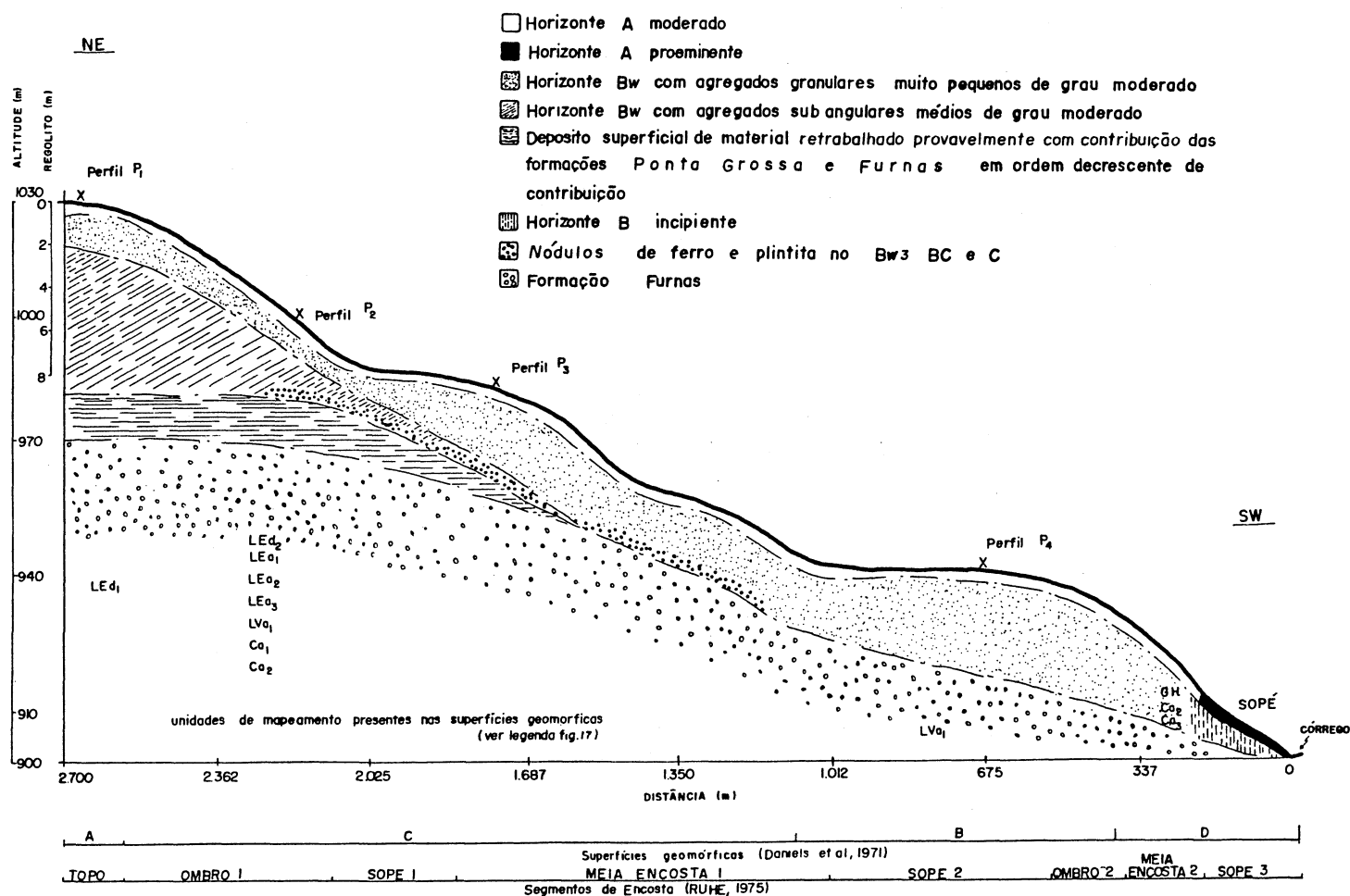


FIGURA 22. PERFIL TOPOGRÁFICO, ESTRATIGRÁFICO PROVÁVEL, MORFOLOGIA DO SOLO E SEGMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DA TRANSEÇÃO T1

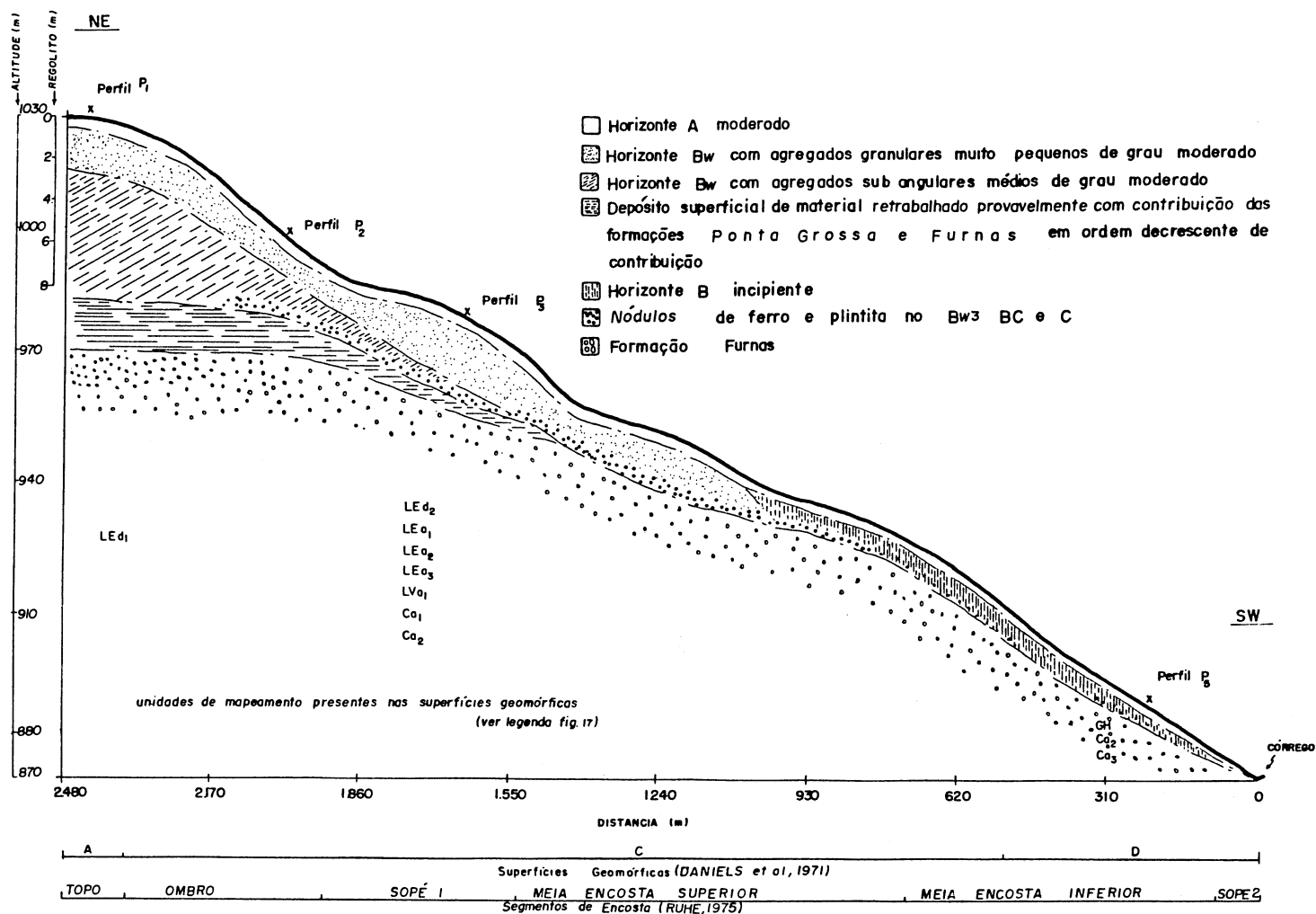


FIGURA 23. PERFIL TOPOGRÁFICO, ESTRATIGRÁFICO PROVÁVEL, MORFOLOGIA DE SOLO E SEGMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DA TRANSEÇÃO T2



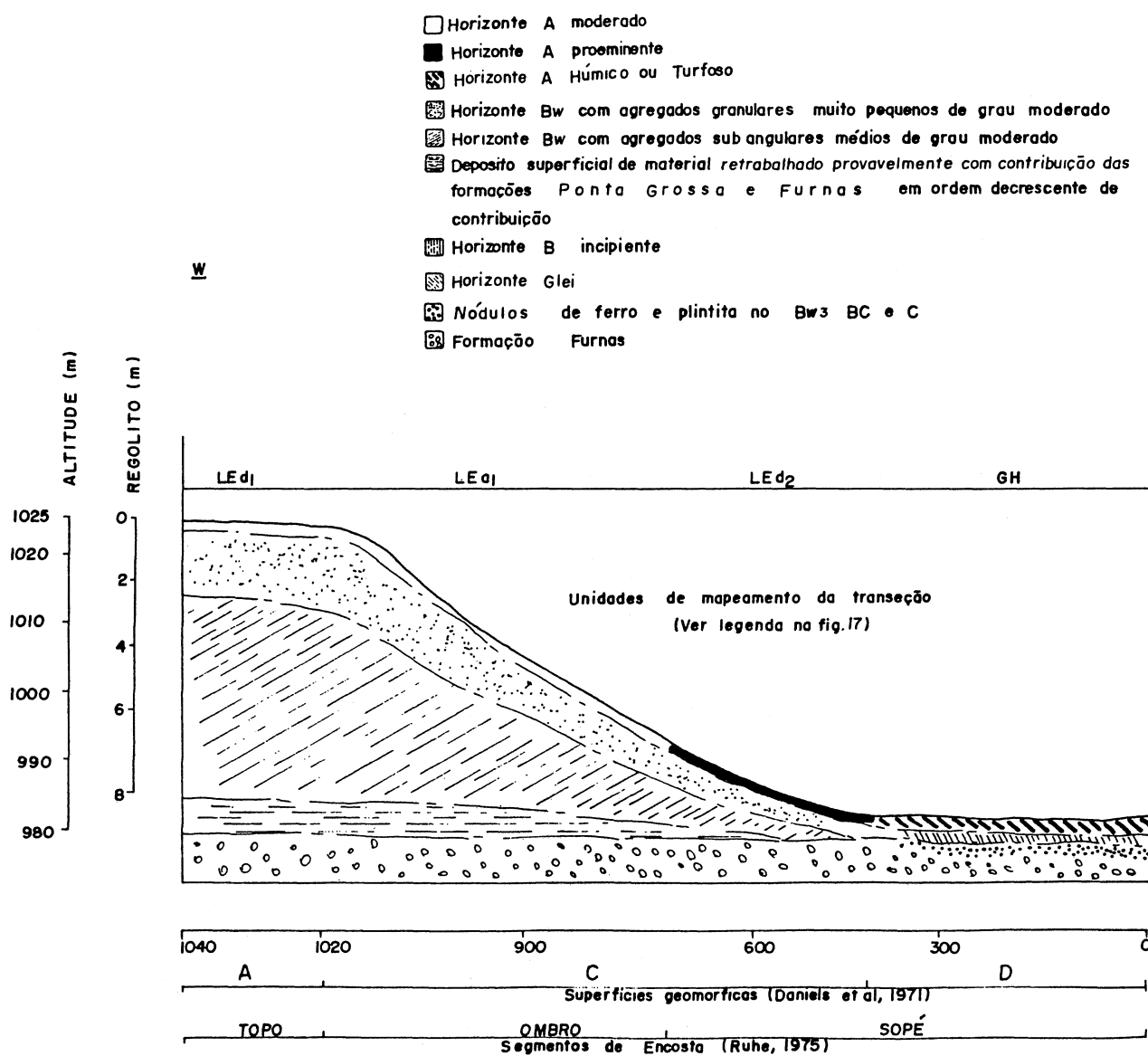


FIGURA 24. PERFIL TOPOGRÁFICO, ESTRATIGRÁFICO PROVÁVEL, MORFOLOGIA DE SOLO E SEGMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DA TRANSEÇÃO T3

TABELA 9. PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DOS PERFIS.

Horiz	Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	C %	P ppm	Ca	Mg	K	Al	V	m	Fed	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Areia	Silte	Arg	S/A.
					----- meq/100 g solo -----					----- % -----						
PERFIL Nº 1																
Ap	0-20	5,6	3,4	1,8	4,6	4,0	0,22	0,0	70,56	0,00	3,6	6,6	29,2	11,8	59	0,2
BA	-40	4,4	2,7	0,7	0,9	0,9	0,16	1,0	26,81	33,78			29,7	11,3	59	0,19
Bw1	-110	4,5	2,0	0,5	0,7	0,7	0,04	0,6	21,21	29,41	4,4	7,9	26,2	11,2	62	0,18
Bw1	-180	5,2	0,8	0,2	0,4	0,4	0,03	0,0	23,25	0,0	4,7	8,4	26,4	12,6	61,0	0,21
Bw1	-300	4,9	0,5	0,2	0,4	0,4	0,03	0,0	21,96	0,0			26,7	10,3	63,0	0,16
Bw1	-300	4,7	0,5	0,2	0,4	0,4	0,03	0,2	21,96	19,42			26,0	9,0	65,0	0,14
Bw1	-400	4,6	0,3	0,4	0,5	0,5	0,04	0,4	26,07	27,78			26,1	10,9	63,0	0,16
Bw4	-450	4,1	0,4	0,3	0,6	0,6	0,06	0,8	21,46	38,83			22,2	11,8	66,0	0,18
Bw4	-550	4,0	0,5	0,6	0,5	0,5	0,04	0,8	18,40	43,48			18,8	13,2	68,0	0,19
Bw4	-650	3,9	0,4	0,30	0,5	0,5	0,03	1,8	11,72	63,6			14,9	17,1	68,0	0,25
Bw4	-750	3,9	0,4	0,5	0,6	0,6	0,04	2,2	12,9	63,95			14,6	19,4	66,0	0,29
Bw4	-800	3,9	0,6	1,2	0,8	0,8	0,06	2,2	15,55	57,0			15,4	18,6	66,0	0,28
Bw4	-900	3,9	0,5	1,2	0,7	0,7	0,05	2,3	12,18	61,33			14,9	17,1	68,0	0,25
PERFIL Nº 2																
Ap	0-23	4,2	3,4	3,4	1,0	1,0	0,27	2,2	25,3	49,2	3,6	6,6	28,4	11,6	60	0,19
BA	-38	4,3	2,2	0,6	0,8	0,7	0,09	1,9	20,4	54,4			28	10	62	0,16
Bw1	-85	4,2	1,5	0,5	0,5	0,5	0,04	1,4	15,3	57,4	4,1	7,4	24,2	10,8	65	0,16
Bwef1	-115	4,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,03	0,2	25,9	16,3	4,4	7,9	25,4	11,6	63,0	0,18
Bwef1	-165	4,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,03	1,6	24,5	60,8			29,6	13,4	57,0	0,23
BCef	-240	4,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,04	1,6	19,7	65,6			36,7	10,3	53,0	0,19
C	-280 <sup>+</sup>	4,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,03	1,6	24,6	65,8			27,0	23,0	50,0	0,46

CONTINUAÇÃO TABELA 9.

Horiz.	Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	C %	P ppm	Ca	Mg	K	Al	V	M	Fed	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Areia	Silte	Arg	S/A.
----- meq/100 g solo ----- % -----																
PERFIL Nº 3																
A	0-23	4,1	2,3	0,8	0,4	0,4	0,08	1,8	12,4	67,2	2,9	5,3	50,6	7,4	42	0,17
BA	-40	4,2	1,9	0,5	0,4	0,4	0,03	1,5	14,3	64,4			48,2	14,8	37,0	0,40
Bw1	-70	4,3	1,4	0,2	0,4	0,4	0,02	1,2	17,1	59,4			46,0	6,0	48,0	0,13
Bw2	-150	4,4	1,0	0,2	0,3	0,3	0,02	0,9	14,4	59,2	3,5	6,4	41,3	6,7	52,0	0,13
Bw3	200	4,7	0,4	0,1	0,3	0,5	0,02	0,1	19,3	10,9			47,0	3,0	50,0	0,06
BC	280 <sup>+</sup>	4,4	0,3	0,2	0,4	0,4	0,01	0,4	14,0	33,1			33,0	23,0	44,0	0,19
C	300	4,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,01	0,6	11,0	45,8			31,7	22,3	46,0	0,33
C	400	4,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,01	0,6	9,6	49,6			27,0	23,0	50,0	0,29
PERFIL Nº 4																
A	0-25	4,1	1,6	1,0	0,4	0,4	0,12	1,2	8,6	56,6	1,9	3,5	66,9	3,1	30,0	0,10
BA	-37	4,0	1,3	0,5	0,3	0,3	0,07	1,2	7,4	64,2			64,1	3,9	32,0	0,12
Bw1	-65	4,2	1,0	0,2	0,3	0,3	0,02	1,0	8,5	61,7			60,2	3,8	36,0	0,11
Bw2	160	4,4	0,6	0,2	0,4	0,3	0,02	0,5	12,7	41,0	2,4	4,5	57,4	2,6	40,0	0,07
Bw3	200 <sup>+</sup>	4,7	0,4	0,2	0,3	0,3	0,02	0,2	15,3	24,4			55,7	2,3	42,0	0,05
Bw3	250	4,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,03	0,2	13,7	24,1			57,4	8,6	34,0	0,07
Bw3	300	4,6	0,1	0,2	0,3	0,3	0,01	0,0	14,2	0,0			54,4	9,6	36,0	0,05
BC	400 <sup>+</sup>	4,0	0,2	0,3	0,4	0,4	0,02	0,2	17,1	19,6			55,4	7,0	38,0	0,06
C	550	3,9	0,3	0,1	0,4	0,4	0,02	1,2	15,26	59,11			60,4	11,6	28,0	
PERFIL Nº 5																
A	0-22	4,1	1,5	2,9	0,4	0,4	0,17	1,4	10,4	59,1	1,2	2,3	76,1	3,9	20,0	0,20
BA	-48	4,1	0,8	0,7	0,4	0,4	0,23	1,5	12,5	59,3			73,6	4,4	22,0	0,20
Bi	-140	4,2	0,6	0,5	0,4	0,4	0,05	1,4	12,0	62,2	1,6	3,0	66,1	3,9	30,0	0,13
Cr1	180	4,2	0,6	0,5	0,4	0,4	0,04	1,0	12,7	54,4			62,0	4,0	34,0	0,12
Cr2	240 <sup>+</sup>	4,3	0,2	0,7	0,4	0,4	0,04	1,0	18,6	54,4			73,8	2,2	24,0	0,09

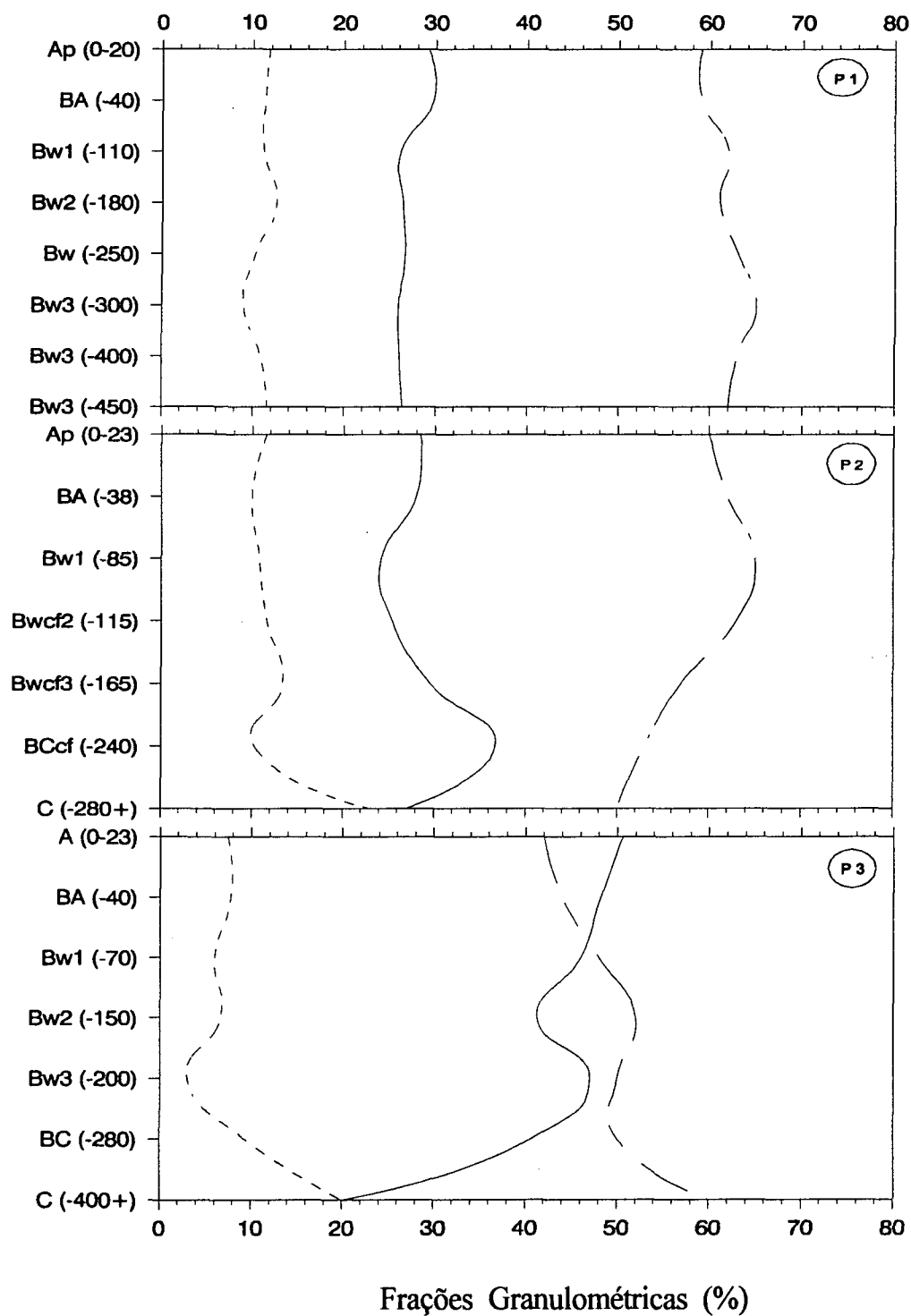


FIGURA 25a. DISTRIBUIÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS AO LONGO DOS HORIZONTES NOS PERFIS DE SOLOS, P1; P2 e P3.  
( — Areia; ... Silte; - - - Argila )

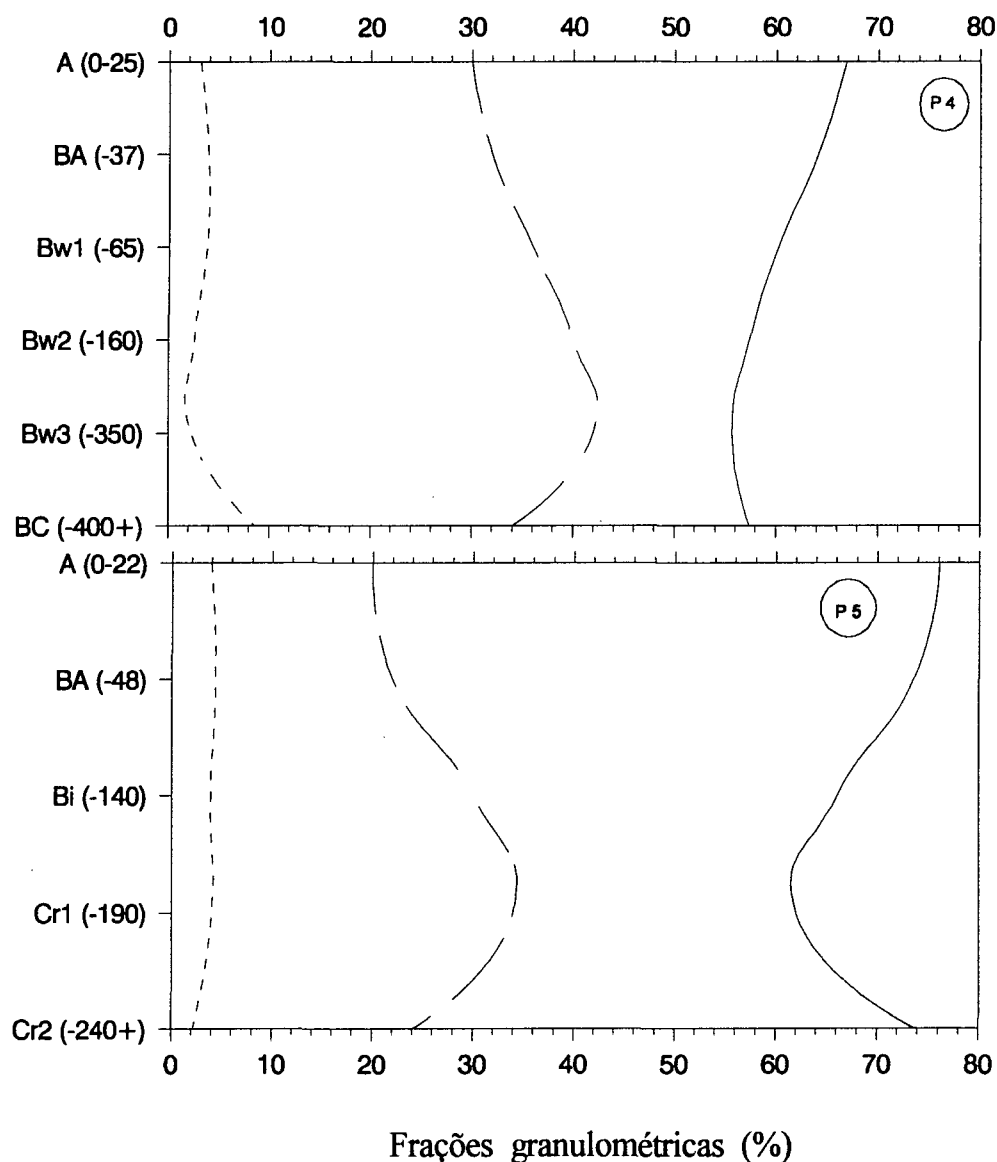


FIGURA 25b. DISTRIBUIÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS AO LONGO DOS HORIZONTES NOS PERFIS DE SOLOS, P4 e P5.  
( \_\_ Areia; ... Silte; - - - Argila )

Sua descrição morfológica encontra-se no Anexo 1 e o resumo de suas características físicas e químicas na Tabela 9.

Apresentou predominância da fração argila, mas em menor proporção do que os perfis anteriormente analisados. Valores médios de 50 % de argila, 44 % de areia e 6 % de silte são observados no horizonte B deste perfil. A fração argila apresentou acréscimo

à partir de 3,0 metros de profundidade, onde as amostragens começaram a interceptar sedimento clásticos mais finos, semelhantes aos que foram observados no horizonte C do perfil P2 (Figura 25).

Observou-se pequenas diferenças quando da interpretação qualitativa das curvas cumulativas deste perfil em relação aos dois anteriormente analisados. O grau de assimetria nas primeiras camadas foi classificado como positiva (finos) e aproximadamente simétrica como nos perfis P1 e P2, passando a apresentar assimetria negativa (grosseiros) à partir de 3,0m de profundidade. Também em relação ao parâmetro curtose, a última camada apresentou-se como platicúrtica, diferindo das anteriores que eram mesocúrticas.

Os histogramas apresentaram para o horizonte A e BA a fração areia média como moda, com valores próximos aos da areia fina. Esta última fração prevaleceu nos horizontes seguintes sendo que à partir de 3,0 m a areia muito fina passou a ser a moda. Foi neste perfil que o gráfico que superpõe as várias curvas cumulativas apresentou as maiores divergências, em relação aos demais perfis analisados (Figura 29).

O perfil P4 localiza-se em posição de meia encosta (Figura 22) e é representativo do depósito subjacente à superfície geomórfica B e da unidade de mapeamento LVal.

Sua descrição morfológica encontra-se no Anexo 1 e o resumo de suas características físicas e químicas na Tabela 9. Apresenta predominância da fração areia, com valores médios de 58 %, seguindo-se as frações argila com cerca de 39 % e 3 % de silte, no horizonte B (Figura 25).

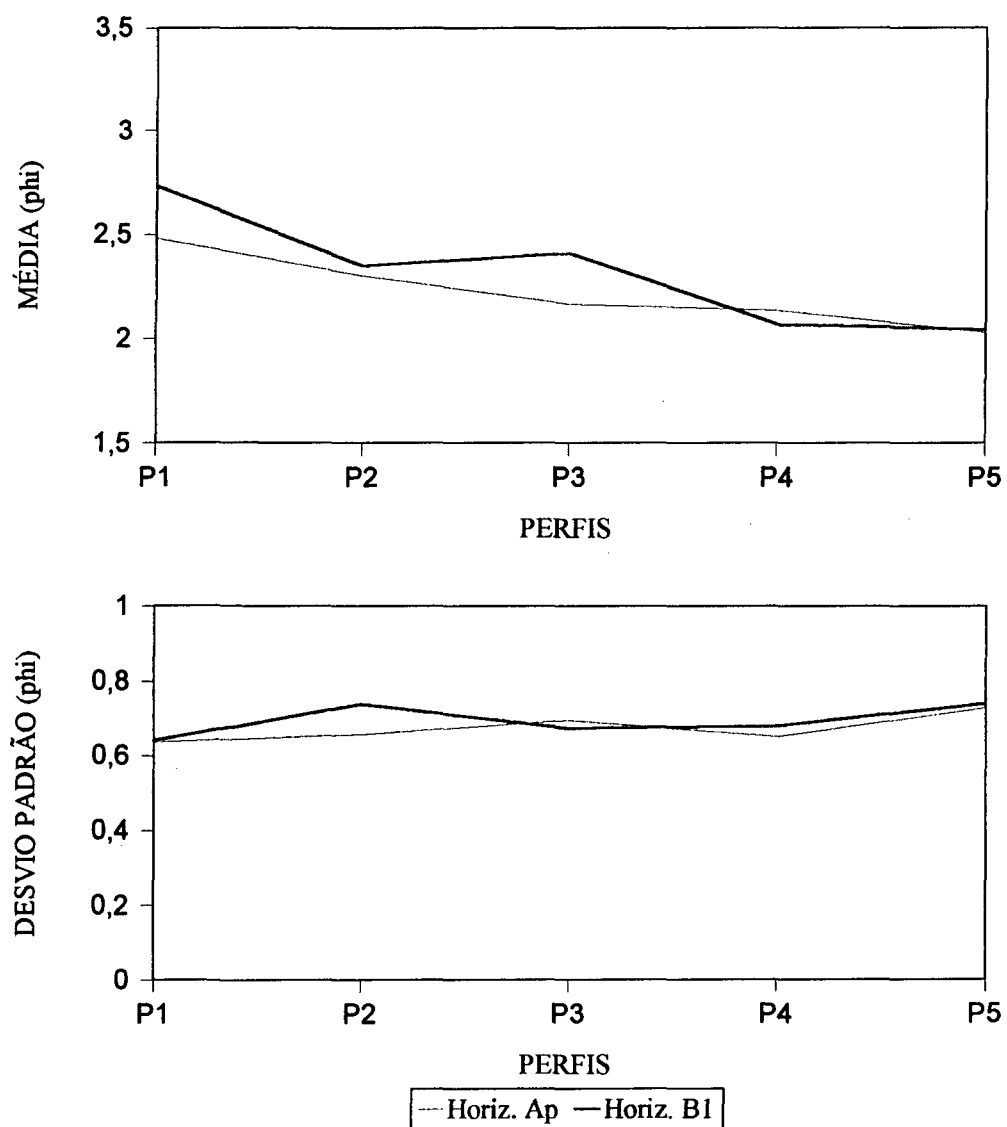


FIGURA 26. MÉDIA GRÁFICA E DESVIO PADRÃO DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA FRAÇÃO AREIA, NAS CAMADAS DE 0-20 cm (HORIZONTE A) E 60-80 cm (HORIZONTE B), EM ORDEM DECRESCENTE EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DO TOPO

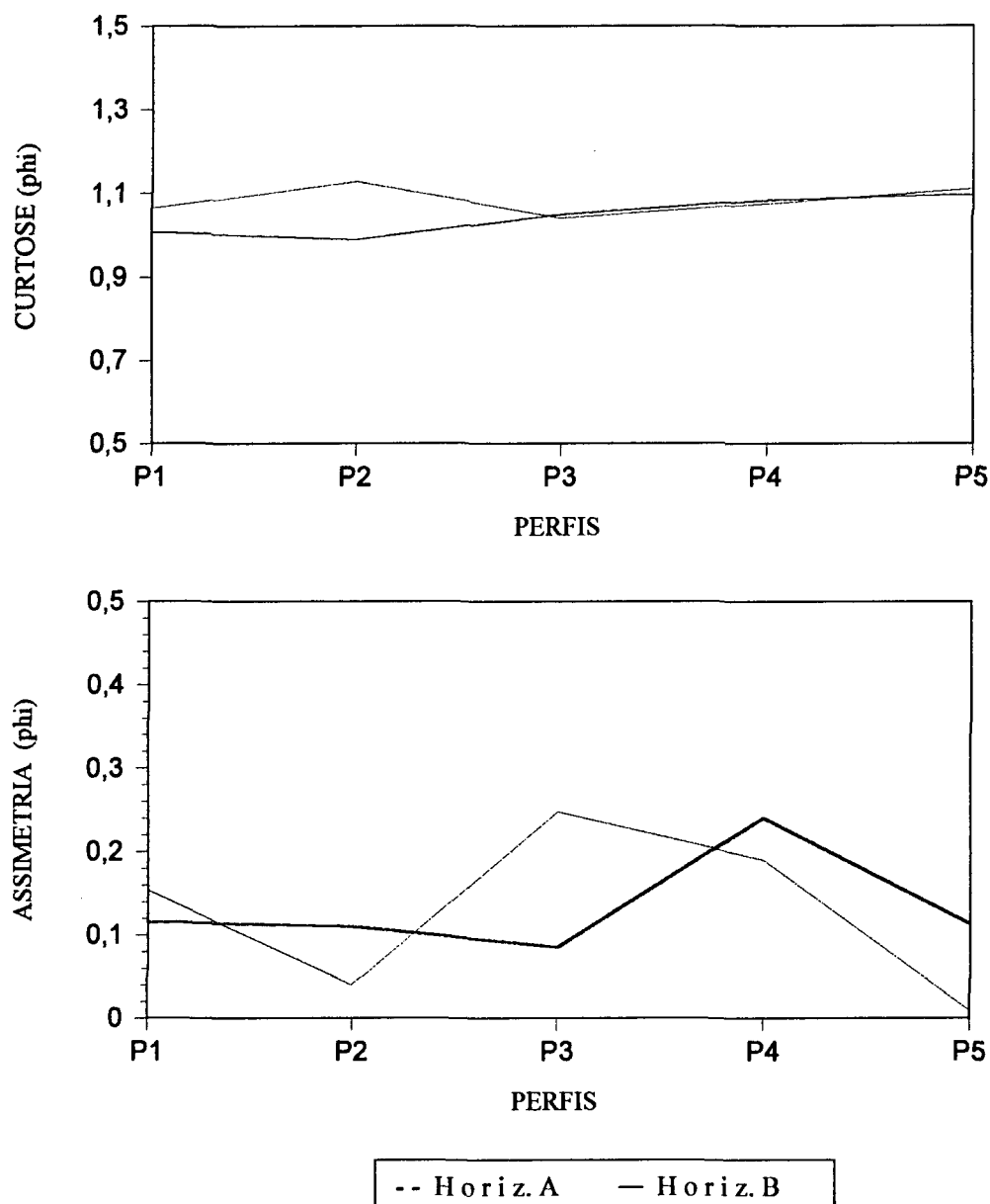


FIGURA 27. CURTOSE E ASSIMETRIA DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA FRAÇÃO AREIA, NAS CAMADAS DE 0-20 cm (HORIZONTE A) E 60-80 cm (HORIZONTE B), NOS PERFIS ANALISADOS, QUE SITUAM-SE EM ORDEM DECRESCENTE EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DO TOPO

A interpretação qualitativa das curvas cumulativas apresentou resultados bastante semelhantes aos do perfil P1 e P2. Neste perfil a moda ao longo do perfil está representada ora pela areia fina, ora pela areia média, prevalecendo esta última entre as profundidades de 80 a 300 centímetros. O gráfico que apresenta as curvas cumulativas



superpostas dos vários horizontes, apresenta boa convergência entre as mesmas (Figura 29).

O perfil P5 localiza-se em meia encosta inferior (Figura 23), situa-se na superfície geomórfica IV e é representativo da unidade de mapeamento Ca1. Sua descrição morfológica encontra-se no Anexo 1 e o resumo de suas características físicas e químicas na Tabela 9. Apresenta predominância da fração areia (66 %), seguindo-se as frações argila (30 %) e silte (4 %), no horizonte B (Figura 25).

Não apresenta diferenças marcantes quanto aos parâmetros estatísticos analisados no fracionamento da areia, em relação aos demais perfis. Apresenta-se moderadamente bem selecionado à moderadamente selecionado. O grau de assimetria também varia entre aproximadamente simétrica e assimetria positiva (finos). Quanto à curtose, passa de leptocúrtico, no horizonte A1, para mesocúrtico no horizonte B, voltando a leptocúrtico no horizonte C.

O histograma revela bastante proximidade entre os valores de areia média e areia fina, prevalecendo esta como moda nas camadas superficiais, enquanto a areia média passa a ser moda nas camadas inferiores. Não apresenta grande disparidade na superposição das diferentes curvas cumulativas (Figura 30).

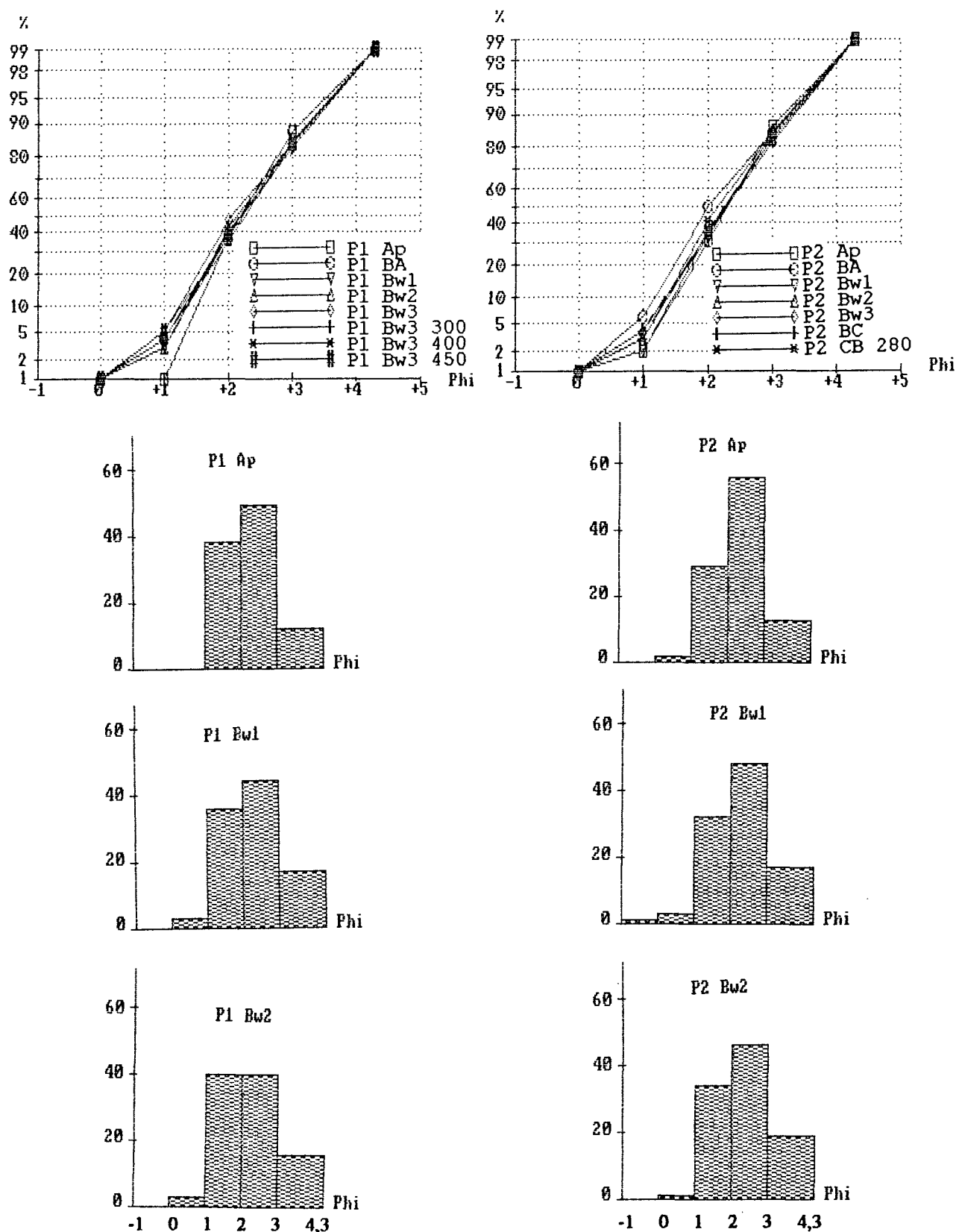


FIGURA 28. GRÁFICO CUMULATIVO E HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE PARTÍCULAS EM 5 CLASSES GRANULOMÉTRICAS DE AREIA, AO LONGO DOS PERFIS P1 E P2

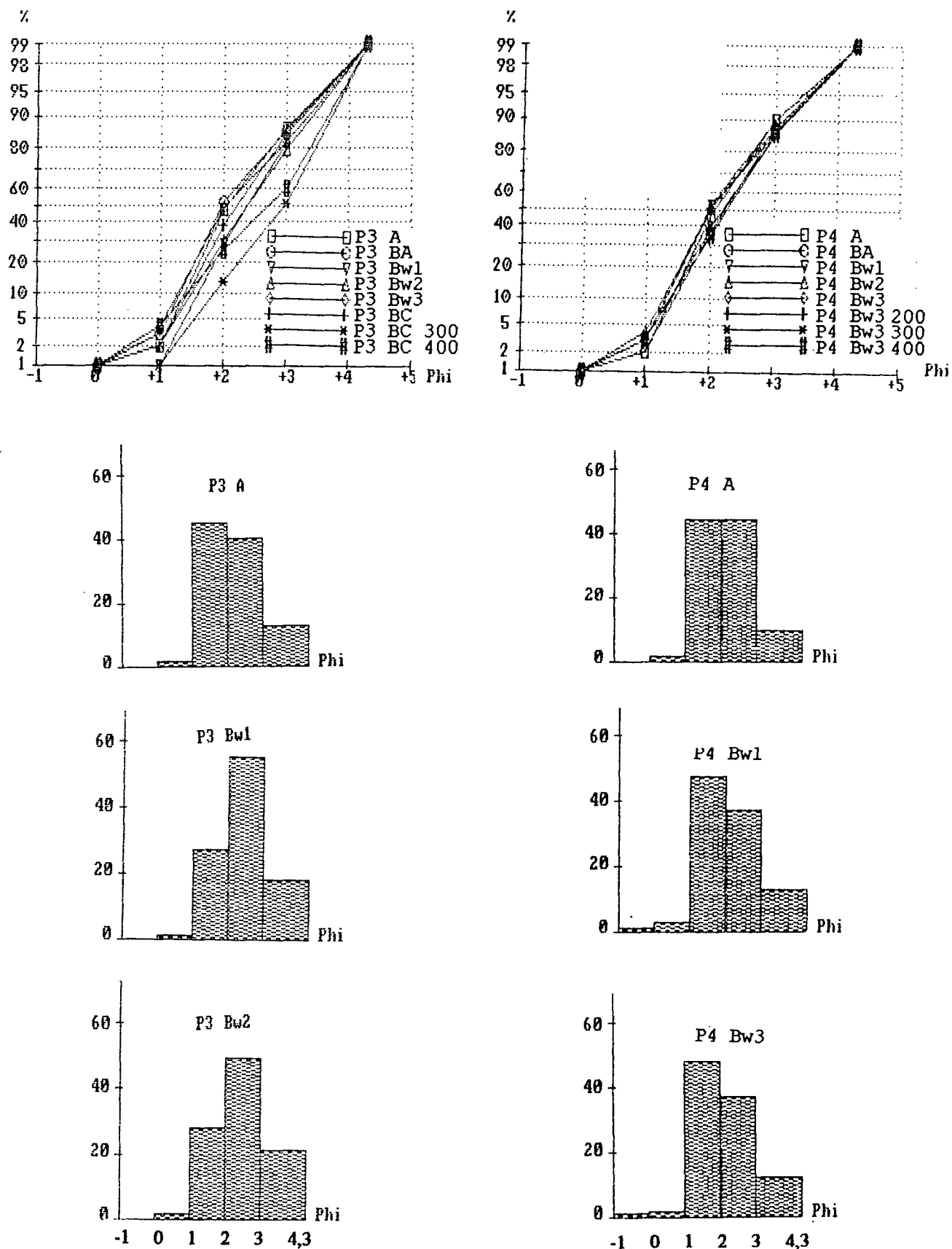


FIGURA 29. GRÁFICO CUMULATIVO E HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE PARTÍCULAS EM CINCO CLASSES GRANULOMÉTRICAS DE AREIA, AO LONGO DOS PERFIS P3 E P4

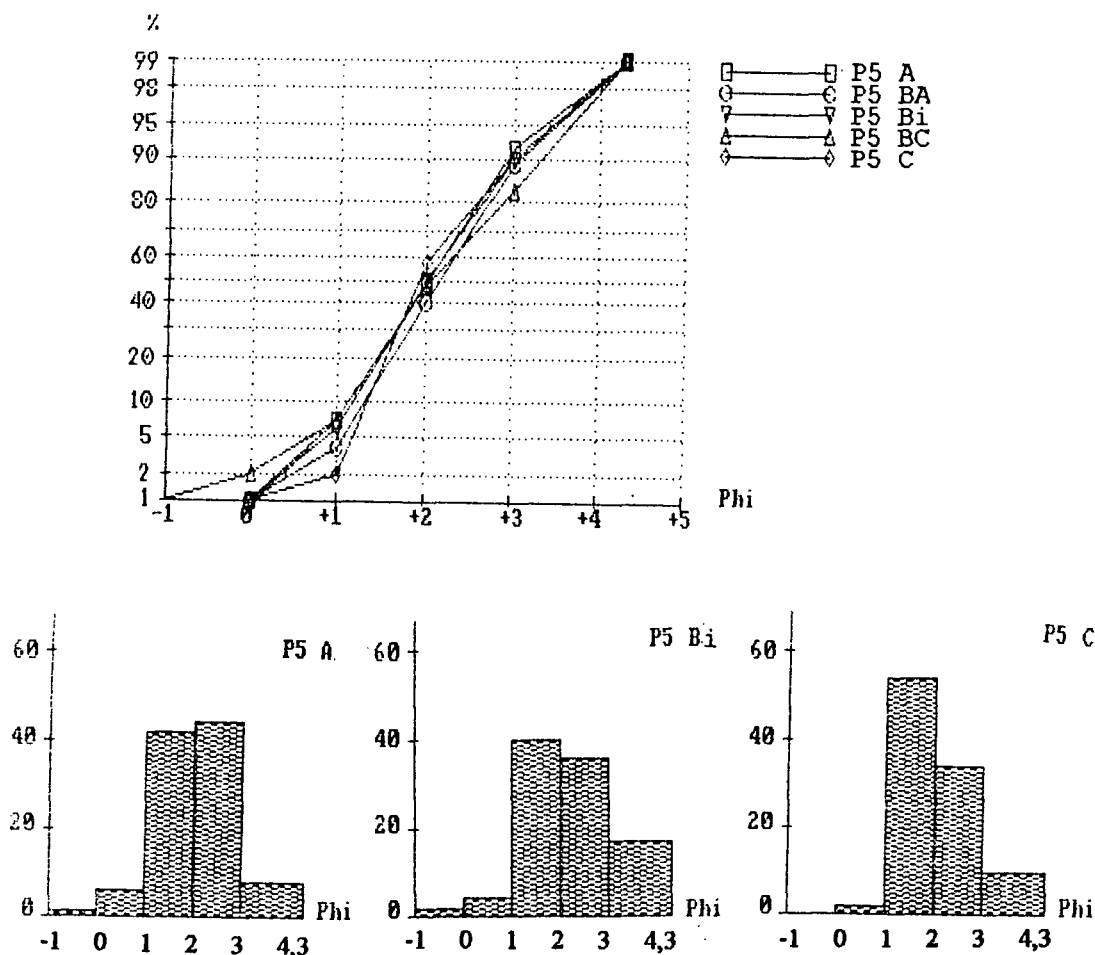


FIGURA 30. CURVA CUMULATIVA E HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE PARTÍCULAS EM 5 CLASSES GRANULOMÉTRICAS DE AREIA AO LONGO DO PERFIL P5

Não se observou diferenças consideráveis na interpretação estatística dos perfis analisados, quanto ao fracionamento da fração areia, parecendo não ser importante a análise destes parâmetros na explicação da ocorrência de materiais distintos na formação dos solos da área estudada. É provável que o comportamento das areias de ambos os materiais não difira significativamente entre si. É provável também que, para melhor detectar diferenças, haja necessidade de se trabalhar com maior quantidade de subfrações, tal como aconselhado por FOLK e WARD (1957).

Como será discutido posteriormente, as frações areia total e argila mostraram correlações bastante elevadas com a distância em relação ao topo (Figura 36),

apresentando a primeira aumento e a segunda diminuição gradual à medida que se distanciam do topo. Esta variação está relacionada com diferenças no material de origem, mostrando que a influência do depósito superficial, que recobre a formação Furnas na porção de topo, ombro e meia encosta superior, tende a desaparecer na meia encosta inferior e sopé, prevalecendo nestes segmentos a contribuição do arenito Furnas na formação dos solos.

#### 4.4.2 - MACRO E MICROMORFOLOGIA

O principal objetivo do estudo micromorfológico neste trabalho foi o de verificar a ocorrência de cutãs iluviais e observar a evolução das organizações pedológicas nas várias posições da vertente. Optamos por apresentar junto com a discussão da micromorfologia, alguns aspectos da macromorfologia (apresentada no Anexo 1), para facilitar o entendimento da evolução das organizações pedológicas ao longo da encosta em apreço (Figuras 22 e 23). A figura 31 apresenta um esboço da trama que é evidenciada nas Figuras 32, 33 e 34.

Devido às semelhanças observadas entre os perfis P1 e P2 conduziremos a discussão dos mesmos conjuntamente. Localizam-se respectivamente em posição de topo e ombro na vertente (figura 22), sendo ambos latossolos de textura argilosa à muito argilosa. Por encontrar-se em posição de topo o perfil P1 apresenta-se muito profundo com espessura de solum superior à 9,0 m. O perfil P2 apresenta 2,80 m de espessura de solum. À partir do Bw2 observou-se presença de plintitas, e nódulos do tipo *ironstone*. Após 3,0 m de profundidade a trincheira penetra em manto de 1,0 m de espessura de um sedimento

retrabalhado com predominância de clásticos mais finos, possivelmente com contribuição parcial das formações Ponta Grossa e Furnas. Segue-se o contato lítico com rocha da formação Furnas, nesta posição recoberta por crosta ferruginosa e que serve de suporte ao lençol freático surgente.

Observou-se na descrição morfológica destes perfis (Anexo 1), a presença de cerosidade entre as unidades estruturais, no horizonte Bw2, ou seja, abaixo de 85 e 110 cm (perfis P1 e P2, respectivamente), não havendo no entanto persistido esta característica após secagem das amostras. Aliado à este fato, observou-se predominância de estrutura moderada à forte, em blocos subangulares. Antecedendo este horizonte, o volume de solo entre 30 a 80 cm apresenta-se com características mais tipicamente latossólicas, ou seja, elevada friabilidade e estrutura moderada e granular. Tal fato havia sugerido a presença de um B textural após B latossólico, hipótese esta rejeitada, dada à não ocorrência de gradiente textural e da total ausência de cutãs iluviais nas lâminas delgadas. Observação semelhante foi feita por LEPSCH et al. (1989), em trabalho realizado na Austrália. Uma hipótese para explicar esta sucessão de horizontes, seria ausência atual de argiluviação e destruição de agregados subangulares por bio-pedoturbação na porção superior do perfil.

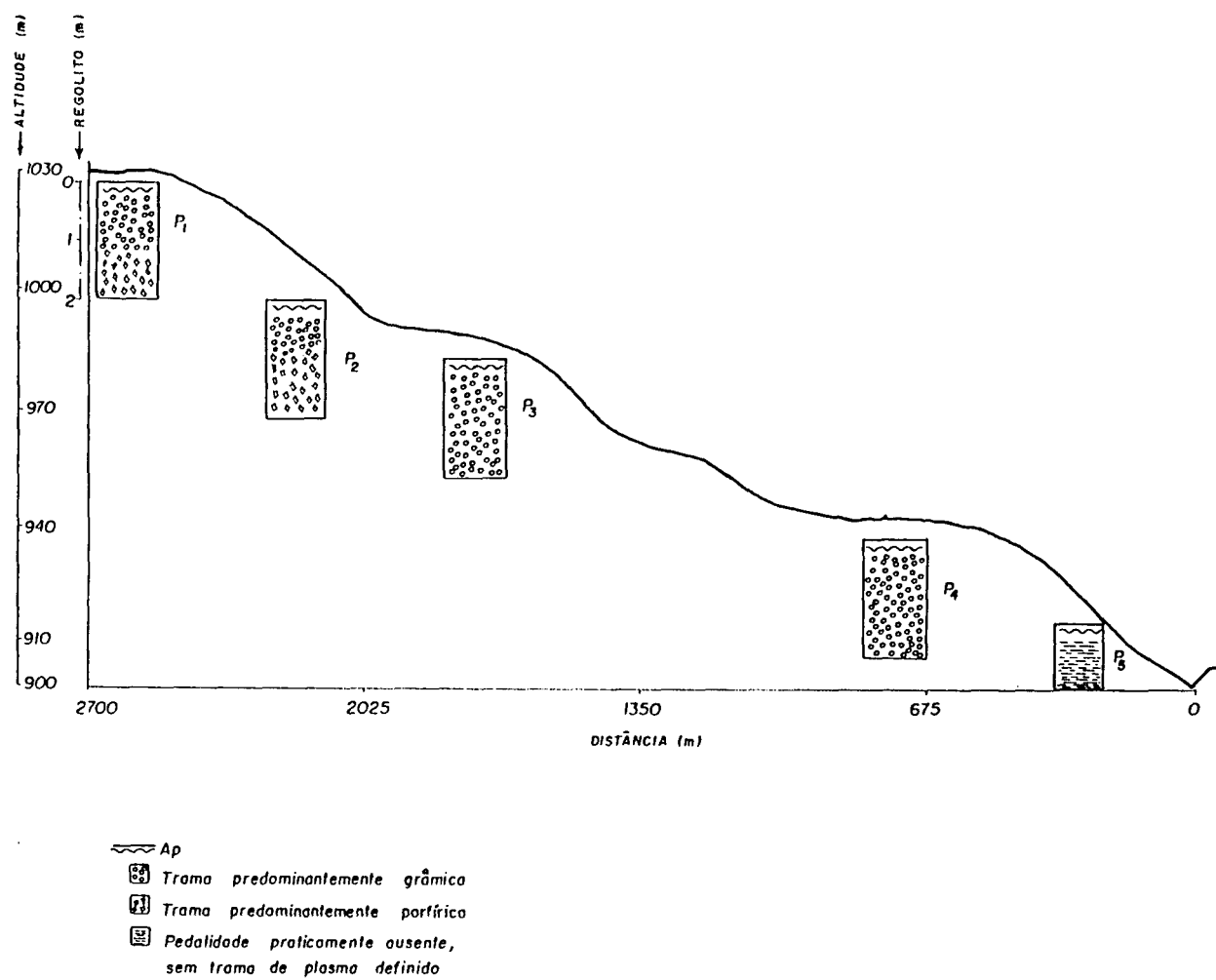


FIGURA 31. ESBOÇO DA TRAMA NOS PERFIS ANALISADOS AO LONGO DA ENCOSTA



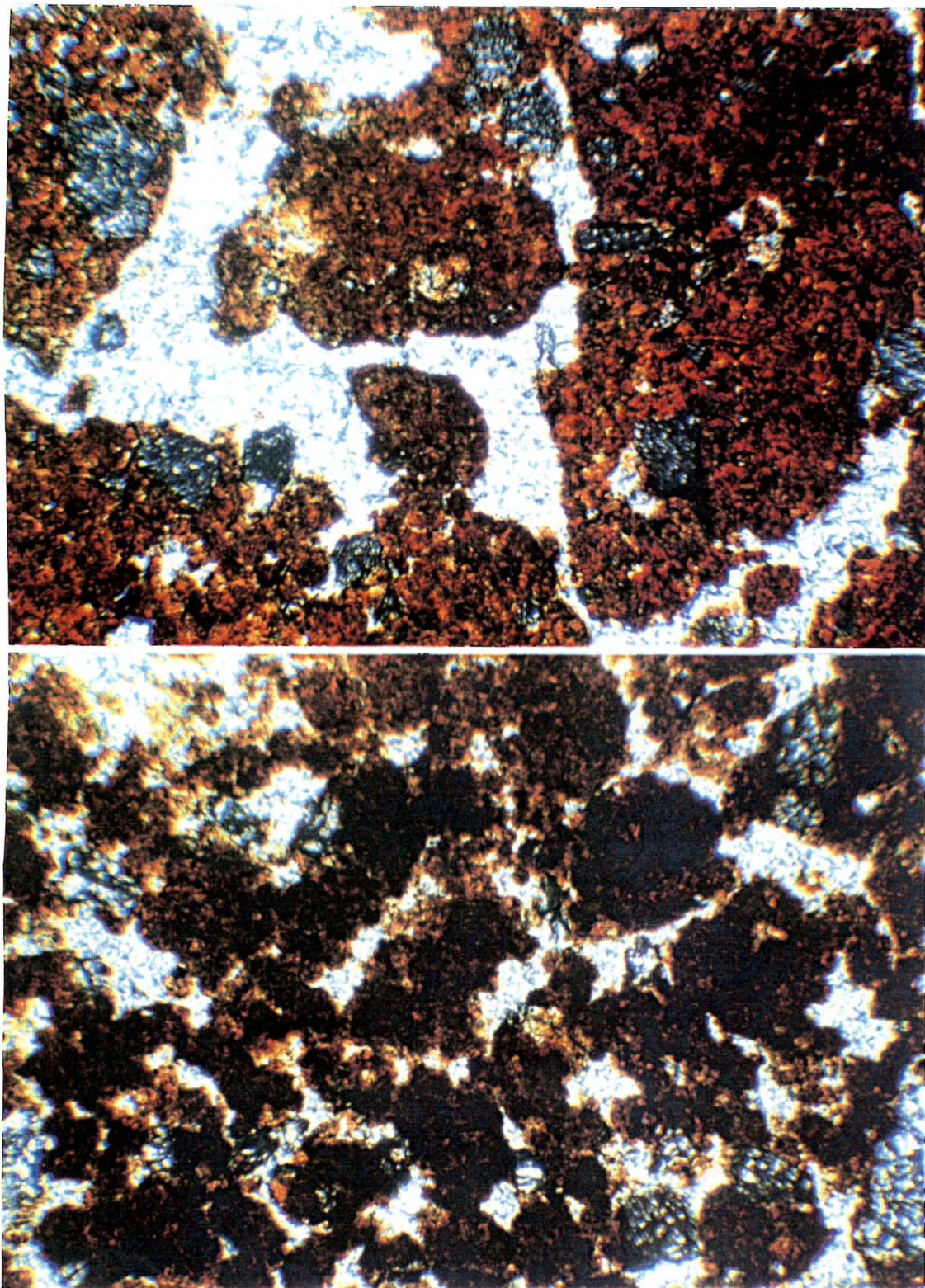


FIGURA 32. PERFIL P1 - FOTOMICROGRAFIAS SOB LUZ NATURAL DOS HORIZONTES Bw1 (TRAMA GRÂNICA) E Bw2 (TRAMA PORFÍRICA), RESPECTIVAMENTE



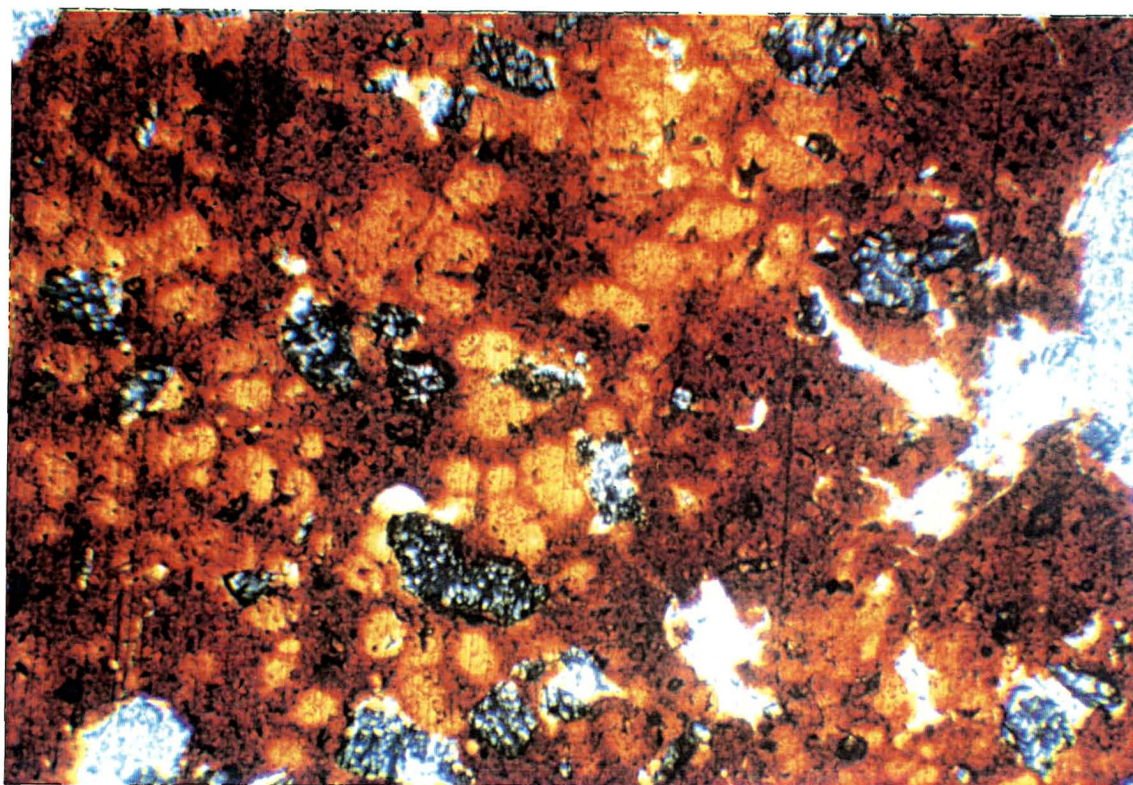


FIGURA 33. PERFIL 2 - FOTOMICROGRAFIA SOB LUZ NATURAL DO HORIZONTE Bw2 (TRAMA PORFÍRICA-GRÂNICA, COM OCORRÊNCIA DE HIDROMORFISMO)

A verificação micromorfológica da trama corrobora nossas observações de campo quanto à uma variação nas unidades estruturais (peds) ao longo do horizonte B. No horizonte Bw1 dos perfil P1 e P2 esta apresenta-se porfírica-grânica, em parte semelhante à descrição de STOOPS e BUOL (1985) para as estruturas típicas dos latossolos, como se os micro-agregados estivessem se desprendendo uns dos outros, quase se individualizando. Apresenta esqueleto não selecionado, com quartzo extremamente fraturado (ruiniquartz) (ESWARAN et al.,1975), cavidades aplainadas com empilhamento local, atividade biológica comum e estrutura plásmica argilassépica.. A pedalidade é predominantemente granular e o plasma apresenta coloração vermelho-brunada. A coloração mais escura do plasma nesta posição pode estar relacionada ao teor de matéria orgânica ainda elevado



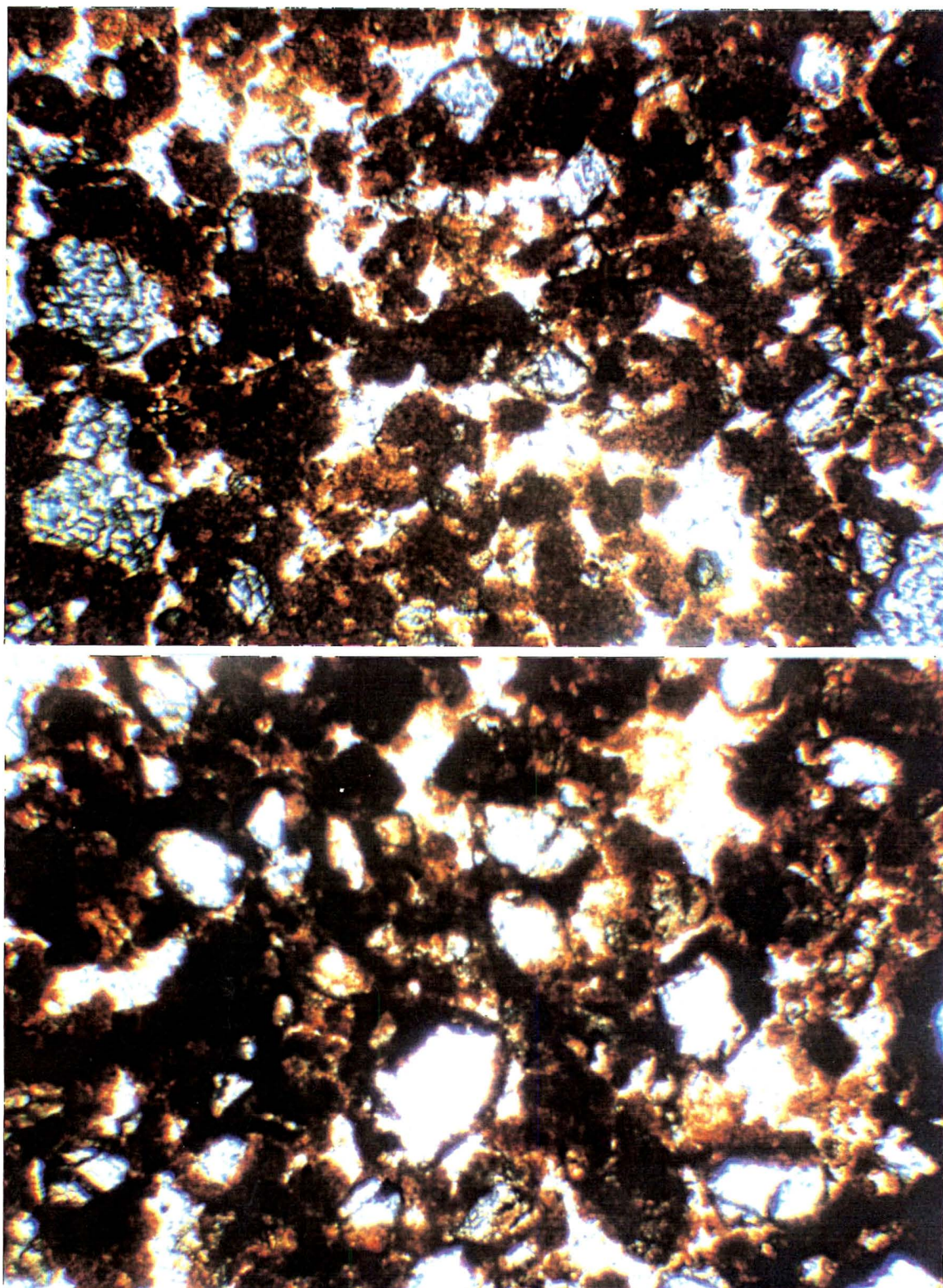


FIGURA 34. PERFIS P3 E P4 - FOTOMICROGRAFIA SOB LUZ NATURAL DOS HORIZONTES Bw2 (TRAMA GRÂNICA)

(2 % e 1,5 % de carbono no P1 e P2, respectivamente). Foi observada uma maior atividade da fauna, tanto macro como microscopicamente no P2 em relação ao P1.

No horizonte Bw2 do P1 a trama apresenta-se porfírica e apenas localmente grânica (agrotubos), com pedalidade em blocos. O plasma tem coloração vermelha, sem o amarronzado do Bw1 e o teor de carbono cai para 0,3 a 0,5 %. As demais características são iguais às apresentadas no Bw1 em relação às observações micromorfológicas (Figura 32).

No Bw2 do P2 a trama apresenta-se porfírica-grânica, a atividade biológica passa a ser abundante e a pedalidade apresenta-se forte e mista (blocos e granular). É possível uma relação entre a maior atividade biológica e a alteração do plasma em relação ao Bw2 do P1. Macromorfolologicamente como comentado no início deste item, observou-se presença de plintita e petroplintita à partir do Bw2 e lençol freático a 3,5 m de profundidade. Observou-se no plasma apenas do P2, abundância de manchas vermelho-amareladas, sugerindo uma relação entre estas e a ocorrência de hidromorfismo e plintitas (Figura 33).

Os perfis P3 e P4, ambos latossolos, encontram-se em posição de sopé de encosta, situando-se o P3 em cota mais elevada ( Figura 22). A análise granulométrica revelou textura argilosa para ambos perfis (médias de 50 % e 40 %, respectivamente), como pode ser observado na Tabela 9 e na Figura 25. Nas observações de campo não constatou-se a variação nas unidades estruturais ao longo do perfil, até a profundidade de 2,0 metros (tamanho da trincheira), como nos perfis discutidos anteriormente. No perfil P3, à partir de 2,5 m de profundidade observou-se acréscimo no teor de argila e mudança de cor para vermelho mais vivo, à semelhança do material observado nos perfis P1 e P2 à

partir de 110 e 85 cm, respectivamente. Nas tradagens posteriores à 3,0 metros, começou a aparecer vestígios do mesmo material retrabalhado, composto de sedimentos com grande contribuição de clásticos mais finos (silte e argila), observado em maior detalhe no perfil P2, onde aprofundou-se a trincheira à uma espessura de um metro dentro deste material. Já no perfil P4, que encontra-se em cota inferior, não foi observado acréscimo de argila em profundidade (Tabela 9 e Figura 25), nem mudança de cor ao longo do perfil. À 5,5 m de profundidade encontrou-se o horizonte BC, com nítida contribuição do arenito da formação Furnas, em sua forma mais típica, ou seja, rico em clásticos mais grosseiros (areias) e de cor branca. Demais características morfológicas destes perfis podem ser observadas no anexo 1 e no resumo das características físicas e químicas na Tabela 9.

A análise micromorfológica destes dois perfis não diferiu entre si. Foi observada trama granóidica, com alguma contribuição local porfírica, ao longo do solum. O esqueleto é mais abundante do que nos perfis encosta acima, e igualmente não selecionado. A estrutura plásmica é argilassépica e a atividade de fauna comum (Figuras 31 e 34).

O perfil P5 encontra-se em posição de meia encosta inferior, já próximo à rede de drenagem (rio Cará-Cará), com aproximadamente 15 % de declividade (Figura 23). Está situado na superfície geomórfica D e na unidade de mapeamento Ca1. Sua descrição morfológica encontra-se no anexo 1 e o resumo das suas características físicas e químicas na Tabela 9.

Trata-se de um Cambissolo, com 180 cm de espessura de solum. À partir desta profundidade acha-se o contato litóide com a rocha da Formação Furnas. Apresenta textura média (cerca de 25% de argila), no horizonte Bi, e as variações na granulometria

encontradas nas camadas Cr1 e Cr2 (34 % e 24 % de argila, respectivamente), denotam a contribuição variada de clásticos mais finos ao longo da formação Furnas (Tabela 9).

No exame das lâminas delgadas foi observada pedalidade praticamente ausente, sem trama definido (plasma isótico). Foi observada pequena atividade de fauna e esqueleto abundante, com runiquartz, não selecionado, porém com presença de grãos de maior tamanho (Figura 31).

#### 4.4.3 MINERALOGIA

##### 4.4.3.1 Mineralogia dos Perfis de Solos

Identificou-se a mineralogia da fração argila dos perfis representativos do manto de solo situado sob as quatro superfícies geomórficas detectadas na área de estudo com a finalidade de investigar-se o relacionamento entre as características mineralógicas dos solos e a posição que estes ocupam na paisagem.

O perfil P1 é representativo da superfície geomórfica A, considerada a mais antiga à partir da análise dos fatores discutidos no item 4.3.1 e ocupa posição de topo na paisagem estudada. Observa-se nos difratogramas de raio X deste perfil, os minerais de argila caulinita (C), gibbsita (Gi) e vermiculita com alumínio interlamelar (V-Al), nos três horizontes analisados, a saber, Ap, Bw1 e Bw2 (Anexo 2, Figura 42). Até 9 m de profundidade não encontrou-se vestígios do horizonte BC.

O perfil P2 localiza-se na superfície C, na posição de ombro da vertente e pelo que tudo indica, é formado sob influência do mesmo depósito superficial, de material

retrabalhado, que deu origem aos solos localizados na superfície A (ver item 4.1.1). Devido à posição que ocupa na vertente é mais raso que o perfil P1.

Neste perfil encontrou-se caulinita, gibbsita e V-Al nos horizontes Ap e Bw2. Nos horizontes Bw3 e BC desaparecem os picos diagnósticos de gibbsita, acentuam-se os picos relativos à caulinita e percebe-se os da mica, principalmente no horizonte BC, à 250 cm de profundidade (Anexo 2, Figura 43).

Os perfis P3 e P4, localizam-se em posição de sopé (Figura 20), pertencendo o primeiro à superfície C e o segundo à superfície B. Estes perfis, que apresentaram características físicas e químicas bastante parecidas, também expressam na mineralogia esta semelhança. Observa-se a ocorrência de caulinita, gibbsita e V-Al nos horizontes A1 e Bw2 e caulinita e V-Al no horizonte BC (Anexo 2, Figuras 44 e 45).

O perfil P5 localiza-se na superfície geomórfica D em posição de meia encosta inferior. Apresenta solum de 1,8 m de profundidade assentado sobre a Formação Furnas. Apresenta no Horizonte A1 e Bi os minerais de argila caulinita, gibbsita e mica. Nos horizontes BC e C, observam-se picos bastante expressivos diagnósticos da mica, e caulinita (Anexo 2, Figura 46). Observa-se mineralogia mais ativa neste perfil, corroborando a hipótese aventada quanto à idade mais recente dos solos da superfície D. Outrossim, estes resultados sugerem, que os solos nesta posição sejam formados *in situ*, à partir do Arenito Furnas, sem grande contribuição de material retrabalhado.

O mineral caulinita está presente em todos os horizontes dos perfis analisados. A gibbsita também ocorreu em todos os perfis, predominantemente nos horizontes superficiais. A mica aparece em profundidade nos perfis, próximo ao contato dos materiais presumivelmente semelhantes aos que deram origem ao solo, independentemente destes



pertencerem à formação Furnas ou ao depósito superficial localizado em posição de cimeira.

SANTOS FILHO (1977), estudou a mineralogia de solos representativos do estado do Paraná e verificou maior ocorrência de gibbsita na fração argila nos solos formados à partir da Formação Furnas em relação aos demais solos estudados. As percentagens obtidas foram: 30 a 70 % de gibbsita, 15 a 30 % de caulinita e 5 a 15 % do mineral interestratificado regular denominado clorita-vermiculita.

#### **4.4.3.2 Mineralogia dos Prováveis Materiais de Origem dos Solos**

Procedeu-se análise mineralógica das frações argila e areia de camada alterada da Formação Furnas, tanto na sua forma arenosa mais típica, quanto de seus componentes lenticulares de clásticos mais finos, siltico-argilosos.

Em ambas camadas foram detectados os argilominerais caulinita, mica e V-Al na fração argila (Anexo 2, Figuras 47 e 48). Na fração areia observou-se: mica, feldspato, caulinita, e quartzo, independentemente da textura dos componentes (Anexo 2, Figura 50).

Também procedeu-se análise mineralógica da fração argila da base do depósito superficial encontrado na posição de cimeira da área de estudo e detectou-se ocorrência dos mesmos minerais observados na Formação Furnas, ou seja, caulinita, mica e V-Al (Anexo 2, Figura 49).

Tendo em vista a composição mineralógica do arenito Furnas, que já apresenta componentes minerais em elevado estágio de intemperismo, não é de se estranhar que os

argilominerais predominantes nos solos formados sob sua influência sejam a caulinita e gibbsita, principalmente nas condições climáticas vigentes na área estudada.

RAMOS e FORMOSO (1975), estudaram os argilominerais presentes nas rochas sedimentares da Bacia do Paraná e encontraram na formação Furnas os seguintes minerais: illita - predominante na maioria das amostras- caulinita, clorita e camadas mistas (I-M). Na opinião dos autores, a presença predominante de quartzo, ausência de feldspatos e de outros minerais pouco estáveis, a presença de caulinita e de camada mista (I-M) permitem concluir que a formação Furnas tem maturidade mineralógica. Os minerais menos estáveis teriam sido destruídos na área fonte. Comentam que a predominância de illita contraria em princípio estes fatos, mas sugerem que as camadas mistas (I-M) e a caulinita teriam se transformado em illita por diagênese.

Na formação Ponta Grossa também a illita apresentou-se como argilomineral dominante, seguida pela clorita e o interestratificado (I-M), enquanto que a caulinita foi detectada em pequena quantidade. Na fração argila do Grupo Itararé observaram predominância de illita e clorita e ocorrência muito rara de caulinita. Portanto, de acordo com estes autores, as três formações litológicas de maior ocorrência à nível regional apresentaram mica como argilomineral dominante (RAMOS e FORMOSO, 1975).

#### **4.5 RELAÇÃO ENTRE VÁRIOS ATRIBUTOS DO SOLO E A DISTÂNCIA EM RELAÇÃO AO TOPO (DT), EM DUAS TRANSEÇÕES DA ÁREA ESTUDADA**

A partir do trabalho de Milne (1935), que introduziu o conceito de catena, vários autores têm realizado estudos relacionando a distância em relação ao topo com



diversos atributos do solo (WALKER, 1966; MALO et al., 1974; VIDAL TORRADO, 1989; COELHO et al., 1994).

VIDAL TORRADO (1989) estudando a relação solo x relevo em Mococa-SP, quantificou vários parâmetros topográficos e observou boas correlações entre a distância em relação ao topo com T/100 g de argila, saturação por bases (S), teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, % de argila, pH em KCl e espessura do horizonte A.

No presente trabalho foram analisadas duas transeções, pertencentes à mesma encosta, objetivando determinar as relações solo-relevo-material de origem. As duas transeções partem do topo da superfície geomórfica A, seguindo juntas, em direção sudoeste, até o Perfil P3. À partir deste ponto tomam rumos diferentes. A transeção T1 dá uma guinada para a esquerda, rumando à sudeste, em direção à posição de topo da superfície geomórfica B e termina às margens da canga Terra Vermelha. A transeção T2 continua descendo no sentido sudoeste, passando ao largo da superfície B, em direção ao rio Cará-Cará (Figura 15).

A transeção T1 tem 2700 m de comprimento e apresenta os segmentos de vertente propostos por RUHE (1975): topo ou interflúvio (*summit*), dois segmentos de ombro (*shoulder*), dois segmentos de meia encosta (*backslope*) e tres segmentos de sopé da encosta (*footslope*); não apresentando o declive aluvial (*toeslope*), inserido neste modelo e que pode ser observado na Figura 4 (Figura 22).

A transeção T2 possui 2480 m de extensão e apresenta os seguintes segmentos de vertente: topo, ombro, dois segmentos de meia encosta e dois segmentos de sopé da encosta (Figura 23).

Para analisar a relação entre os atributos do solo e a distância em relação ao topo, nas duas transeções, foram estabelecidas análises de correlação simples e regressões para o horizonte B de ambas transeções.

As tabelas 10 e 11 apresentam os coeficientes de correlação linear, com os resultados agrupados segundo os níveis de significância 0,1; 1 e 5 % para as transeções T1 e T2 respectivamente.

TABELA 10. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A DISTÂNCIA EM RELAÇÃO AO TOPO E VÁRIOS ATRIBUTOS DO HORIZONTE B DOS SOLOS DA TRANSEÇÃO T1.

Atributos	N <sup>(1)</sup>	r <sup>(2)</sup>	Nível de significância (3)
pH	31	-0,71	***
Al	31	0,49	*
S	31	-0,77	***
Ca	31	-0,66	***
Mg	31	-0,80	***
K	31	-0,66	***
P	31	0,53	**
V	31	-0,66	***
m	31	0,77	***
Areia	31	0,78	***
Silte	31	0,24	n.s.
Argila	31	0,77	***
S/A	31	0,45	*
Targ	31	0,39	*

(1) Refere-se ao número de observações em cada variável dependente.

(2) Coeficiente de correlação linear.

(3) \*, \*\*, \*\*\* e n.s., para  $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ;  $P < 0,001$  e não significativo, respectivamente.

TABELA 11. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A DISTÂNCIA EM RELAÇÃO AO TOPO E VÁRIOS ATRIBUTOS DO HORIZONTE B DOS SOLOS DA TRANSEÇÃO T2.

Atributos	N <sup>(1)</sup>	r <sup>(2)</sup>	Nível de significância <sup>(4)</sup>
pH	26	-0,60	**
S	26	-0,69	***
Ca	26	-0,65	***
Mg	26	-0,67	***
T	26	-0,75	***
C	26	-0,60	**
V	26	-0,48	*
m	26	0,56	**
Targ	26	0,71	***
Areia	26	0,89	***
Silte	26	0,27	n.s.
Argila	26	-0,87	***
S/A	26	0,70	***

(1) Refere-se ao número de observações em cada variável dependente.

(2) Coeficiente de correlação linear.

(3) \*, \*\*, \*\*\* e n.s., para  $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ;  $P < 0,001$  e não significativo, respectivamente.

Os atributos: pH, valor S, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Carbono, valor V e % de Argila, apresentaram correlação negativa, enquanto o Valor m, CTC da fração argila (Targ), % de areia, % de silte e relação silte /argila (S/A), apresentaram correlação positiva em ambas transeções.

Em relação aos atributos químicos do horizonte A, estes resultados podem ser parcialmente explicados em função do manejo diferenciado ao longo da vertente. Em

posição de cimeira, nas porções de topo e ombro, como já mencionado anteriormente, os solos sofrem constantes correções e adubações, enquanto os solos situados em meia encosta e sopé são vegetados com campo nativo, que sofre queimadas anuais. No entanto, acredita-se que o fator preponderante na explicação destes resultados seja a contribuição da formação Ponta Grossa na formação dos solos nas porções mais elevadas da área de estudo (ver item 4.1.1).

A correlação positiva entre o grau de atividade das argilas, % de silte e relação silte/argila com o parâmetro DT, sugere menor grau de intemperismo dos solos situados na parte inferior da vertente (Figura 35 e 37).

O fato de boa parte da transeção T2 passar por solos de formação mais recente, por evitar a superfície geomórfica B, pode explicar as melhores correlações apresentadas no horizonte B entre Targ X DT ( $r = 0,71^{***}$ ) e S/A X DT ( $r = 0,70^{***}$ ), quando comparadas com a transeção T1, que apresentou coeficientes de correlação mais baixos, a saber:  $r = 0,39^*$  para Targ X DT e  $r = 0,45^*$  para S/A X DT.

Não se observou formação de horizonte B textural ao longo de ambas vertentes. O coeficiente de correlação entre DT/RT foi baixo ( $r = 0,40$ ), porém significativo ( $p \leq 0,05$ ), indicando pequena afinidade entre os parâmetros. Estes resultados diferem daqueles obtidos por vários autores (LEPSCH e BUOL, 1974; MONIZ e BUOL, 1982; VIDAL TORRADO, 1989), que detectaram a evolução lateral B latossólico/B textural, ao longo das vertentes estudadas, no estado de São Paulo.

MONIZ e BUOL (1982) explicam a formação de horizonte B textural ao longo das encostas, pelo maior fluxo lateral subsuperficial e basal nas posições de meia encosta e sopé que propicia períodos de umedecimento e saturação do solo. Com posterior período

de ressecamento, haveria favorecimento de deposição de argila e aumento da densidade global, levando à formação de cutãs de argiluviação. Como já discutido anteriormente, não foram constatados cutãs iluviais nos perfis analisados neste trabalho.

É possível que as condições climáticas vigentes (regime climático Cfb), caracterizadas por precipitação pluviométrica na ordem de 1430 mm anuais e ausência de estação seca, com fluxo lateral subsuperficial e basal abundantes e constantes, sejam desfavoráveis para que o plasma se oriente ao redor dos poros, esqueleto e pedrs, formando cutãs de iluviação e incrementando o teor de argila internamente no perfil. Sugere-se maiores estudos para elucidação da baixa incidência de horizontes Bt, não só nas vertentes analisadas, mas também à nível regional.

Os modelos de regressão foram selecionados de maneira que melhor representassem os valores obtidos dos diversos atributos, sendo considerados como critério de seleção o nível de significância dos termos da equação e o coeficiente de determinação.

A tabela 12 apresenta as equações de regressão, e os coeficientes de determinação, com os resultados agrupados segundo os níveis de significância 0,1; 1 e 5% das transeções T1 e T2, para o horizonte B.

TABELA 12. EQUAÇÕES DE REGRESSÃO, COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO E NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA PARA DIVERSOS ATRIBUTOS DO SOLO (VARIÁVEIS DEPENDENTES) EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA EM RELAÇÃO AO TOPO (VARIÁVEL INDEPENDENTE) NO HORIZONTE B DAS TRANSEÇÕES 1 e 2

TRANSEÇÃO 1		Equações de regressão	r <sup>2</sup> (1)	Nível signif.
ATRIBUTOS				
Argila (%)		y= 73,55 - 0,086DT + 5,5 <sup>-5</sup> DT <sup>2</sup> - 1,12 <sup>-8</sup> DT <sup>3</sup>	0,86	***
Areia (%)		y= 22,88 + 0,072DT - 4,4 <sup>-5</sup> DT <sup>2</sup> + 9,01 <sup>-9</sup> DT <sup>3</sup>	0,80	***
Relação Silte : Argila		y= 0,0573 + 0,00036DT - 1,123 <sup>-7</sup> DT <sup>2</sup>	0,55	***
T / 100g de argila		y= 10,99 + 0,0582DT - 5,1 <sup>-5</sup> DT <sup>2</sup> + 1,25 <sup>-8</sup> DT <sup>3</sup>	0,61	***
CTC (meq/100g)		y= 10,77 + 0,0032DT - 6,43 <sup>-6</sup> DT <sup>2</sup> + 1,92 <sup>-9</sup> DT <sup>3</sup>	0,61	**
pH		y= 4,48 - 0,00093DT + 7,45 <sup>-7</sup> DT <sup>2</sup> - 1,83 <sup>-10</sup> DT <sup>3</sup>	0,67	***
Ca trocável (meq/100g)		y= 1,12 - 0,0015DT + 8,9 <sup>-7</sup> DT <sup>2</sup> - 1,63 <sup>-10</sup> DT <sup>3</sup>	0,73	***
V (%)		y= 23,1 - 0,034DT + 2,5 <sup>-5</sup> DT <sup>2</sup> - 5,57 <sup>-9</sup> DT <sup>3</sup>	0,70	***
m (%)		y= 23,62 + 0,084DT - 6,6 <sup>-5</sup> DT <sup>2</sup> + 1,62 <sup>-8</sup> DT <sup>3</sup>	0,76	***
Carbono (%)		y= 2,24 - 0,0013DT + 3,548 <sup>-7</sup> DT <sup>2</sup>	0,36	*
TRANSEÇÃO 2				
Argila (%)		y= 68, 6 - 0,049DT + 1,2 <sup>-5</sup> DT <sup>2</sup>	0,90	***
Areia (%)		y= 27,03 + 0,041DT - 9,35 <sup>-6</sup> DT <sup>2</sup>	0,88	***
Relação Silte : Argila		y= 0,023 + 0,00042DT - 1,154 <sup>-7</sup> DT <sup>2</sup>	0,62	***
T / 100g de argila		y= 14,81 + 0,022DT - 5,61 <sup>-6</sup> DT <sup>2</sup>	0,58	*
CTC (meq/100g)		y= 11,36 - 0,0018DT	0,56	***
pH		y= 4,38 - 0,00027 DT + 7,568 <sup>-8</sup> DT <sup>2</sup>	0,46	**
Ca trocável (meq/100g)		y= 1,022 - 0,0009DT + 2,9 <sup>-7</sup> DT <sup>2</sup>	0,68	***
V (%)		y= 22,78 - 0,031DT + 2,4 <sup>-5</sup> DT <sup>2</sup> - 5,31 <sup>-9</sup> DT <sup>3</sup>	0,54	**
m (%)		y= 24,25 + 0,082DT - 6,8 <sup>-5</sup> DT <sup>2</sup> + 1,71 <sup>-8</sup> DT <sup>3</sup>	0,48	**
Carbono (%)		y= 2,55 - 0,0033DT + 2,83 <sup>-6</sup> DT <sup>2</sup> - 7,267 <sup>-10</sup> DT <sup>3</sup>	0,45	*

(1) Refere-se ao coeficiente de determinação das equações de regressão;

\*, \*\*, \*\*\*; refere-se ao nível de significância para  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ , respectivamente.

Observou-se que o modelo linear não foi satisfatório para representar a distribuição dos valores obtidos ao longo das transeções, optando-se pelos modelos quadráticos e cúbicos. Na transeção T1 prevaleceu o modelo cúbico, enquanto na transeção T2, o modelo quadrático foi o de maior frequência.

Essa mudança no comportamento das curvas parece estar relacionada com a passagem ou não dos pontos sobre a superfície geomórfica B.

Constatou-se na transeção T1 uma tendência de estabilização e leve acúmulo nos teores de argila coincidindo com os limites da superfície geomórfica B, indicando maior representatividade do modelo cúbico (Figuras 36 e 38). Estes resultados são coerentes, levando-se em conta o caráter deposicional desta superfície e ainda o fato da mesma posicionar-se em segmento de sopé intermediário de vertente (Figura 22).

Na transeção T2, que passa ao largo da superfície B (Figura 23), tal fato não foi observado, (Figuras 36 e 38) e o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou com os valores obtidos.

Com relação à % de areia, também foram os modelos cúbico e quadrático os que melhor representaram os valores obtidos para as transeções T1 e T2, respectivamente (Figuras 36 e 38), cabendo aqui a mesma linha de raciocínio adotada na explicação anterior.

Os atributos: pH, cálcio trocável (Figuras 35 e 37) e saturação por bases (Figuras 36 e 38), acompanham a mesma tendência observada para % de argila, sugerindo correlação desta com os atributos citados. Ao contrário, a saturação por alumínio (Figuras 36 e 38), a relação silte/argila e CTC/100g de argila (Figuras 35 e 37), apresentam tendência inversa, para ambas transeções.

A % de carbono e a CTC/100 g de solo apresentaram correlações negativas com DT, em ambas as transeções, porém com modelos de regressão diferenciados (Figura 39). Observa-se tendência de acréscimo ao fim da curva para estes atributos na transeção T1, mostrando possível correlação com o maior pronunciamento do segmento sopé, ao

final da encosta, nesta transeção, quando comparado ao da transeção T2 (Figuras 22 e 23).

O acréscimo da % de areia vertente abaixo é mais um indicativo de que os solos, à medida que se distanciam do topo vão sofrendo gradativamente menos influência do depósito superficial do material retrabalhado de clásticos mais finos ao mesmo tempo que vai aumentando a contribuição do arenito Furnas em sua formação. Sendo assim, a elevada saturação por alumínio (valor m) nestes solos e a correlação positiva com DT, parece estabelecer o caráter álico, em grau elevado, dos solos formados com influência predominante dos constituintes da formação Furnas, nas condições climáticas regionais.



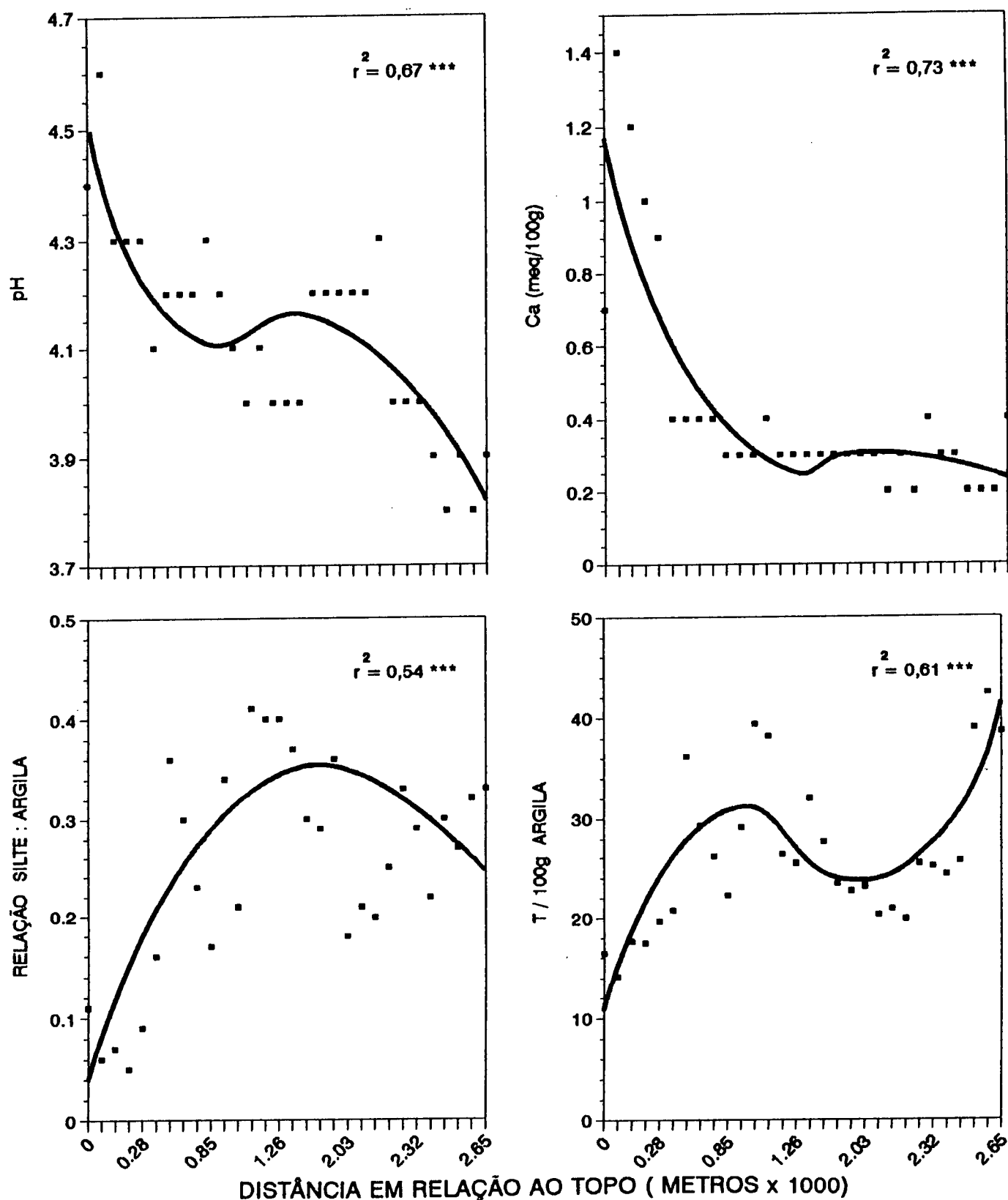


FIGURA 35. RELAÇÃO ENTRE pH, CÁLCIO TROCÁVEL, RELAÇÃO SILTE/ARGILA e T/100 g DE ARGILA E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T1 - HORIZONTE B

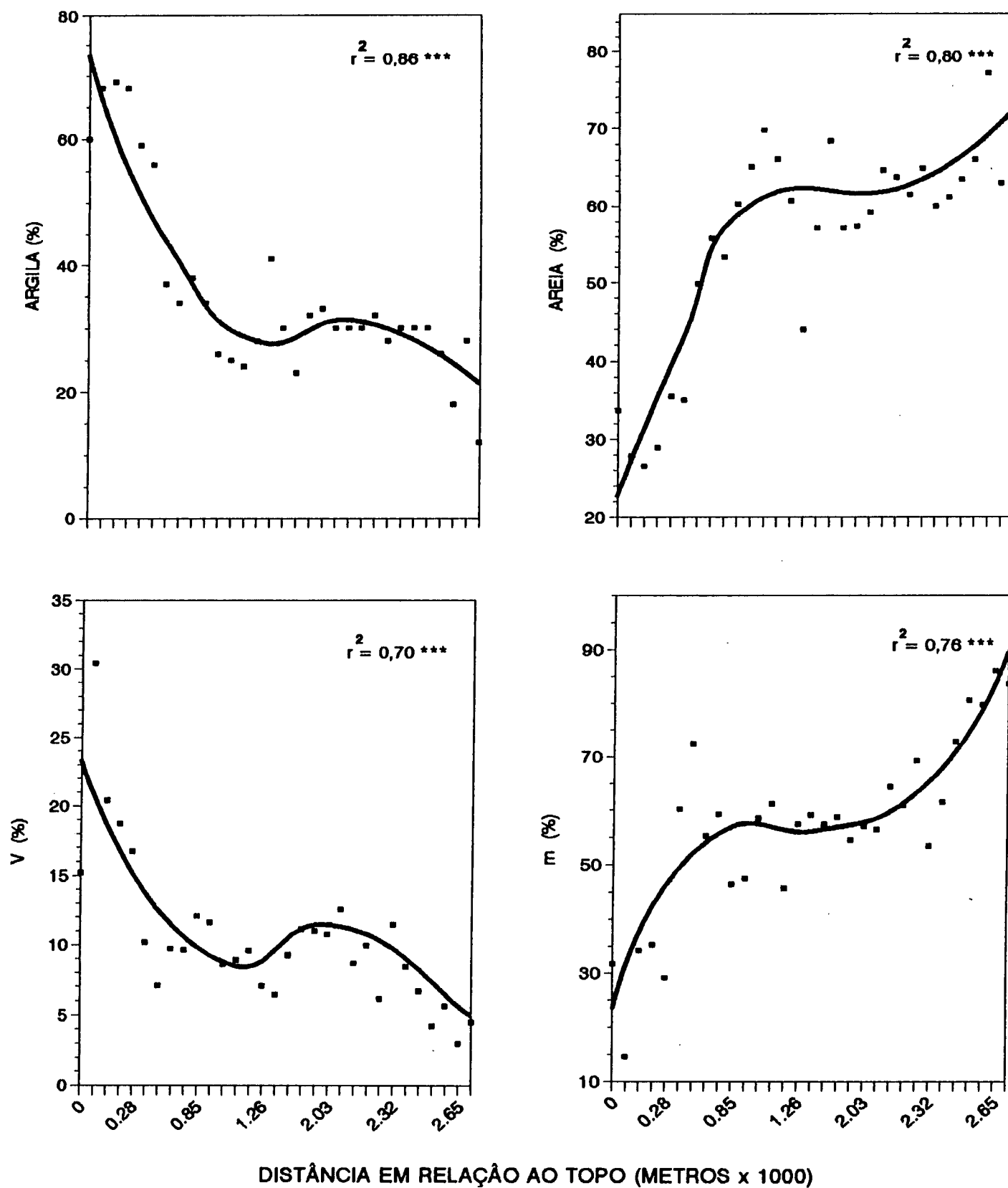


FIGURA 36. RELAÇÃO ENTRE % DE ARGILA, % DE AREIA, VALOR V e VALOR m E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T1 - HORIZONTE B

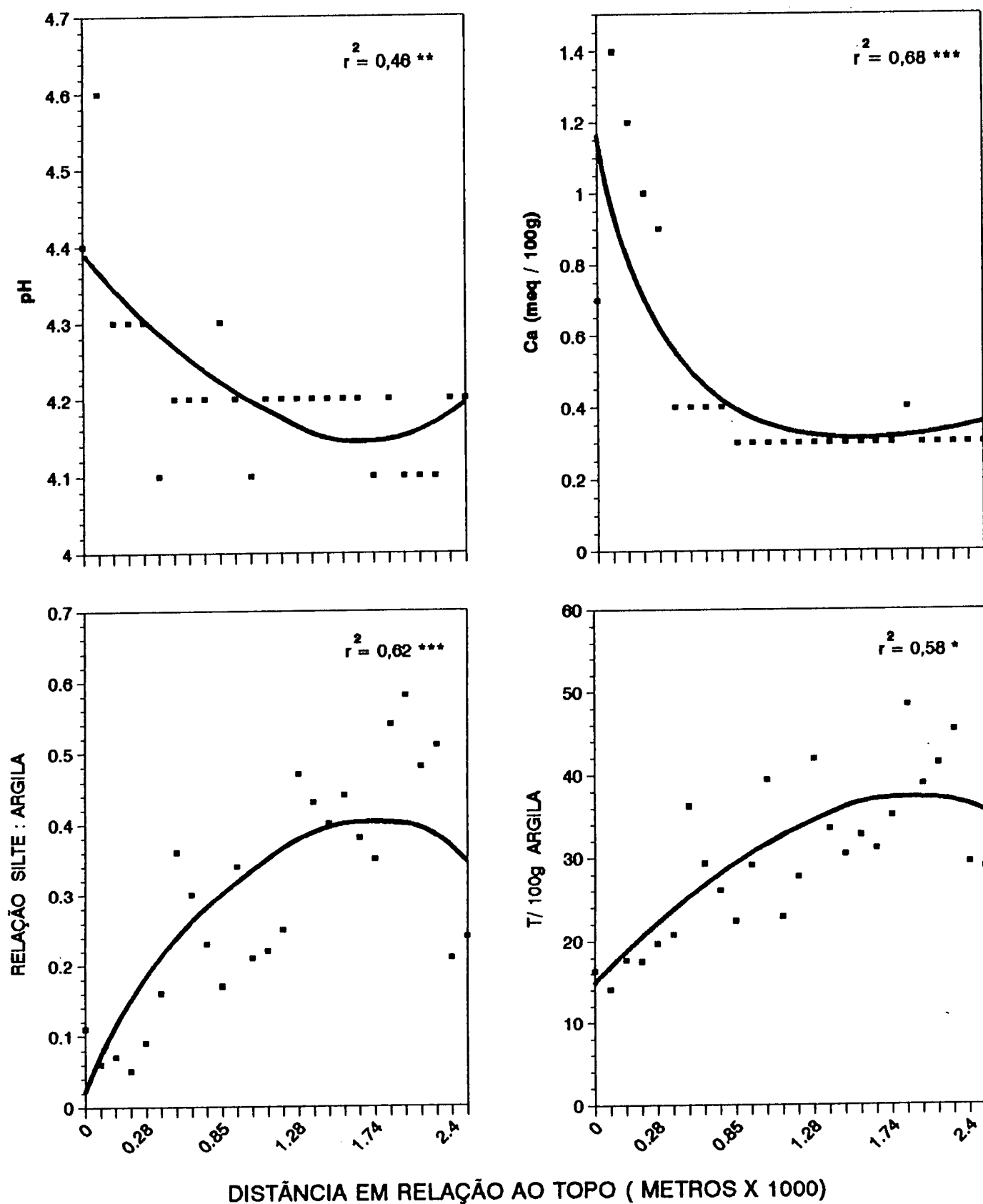


FIGURA 37. RELAÇÃO ENTRE pH, CÁLCIO TROCÁVEL, RELAÇÃO SILTE/ARGILA e T/100 g DE ARGILA E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T2 - HORIZONTE B

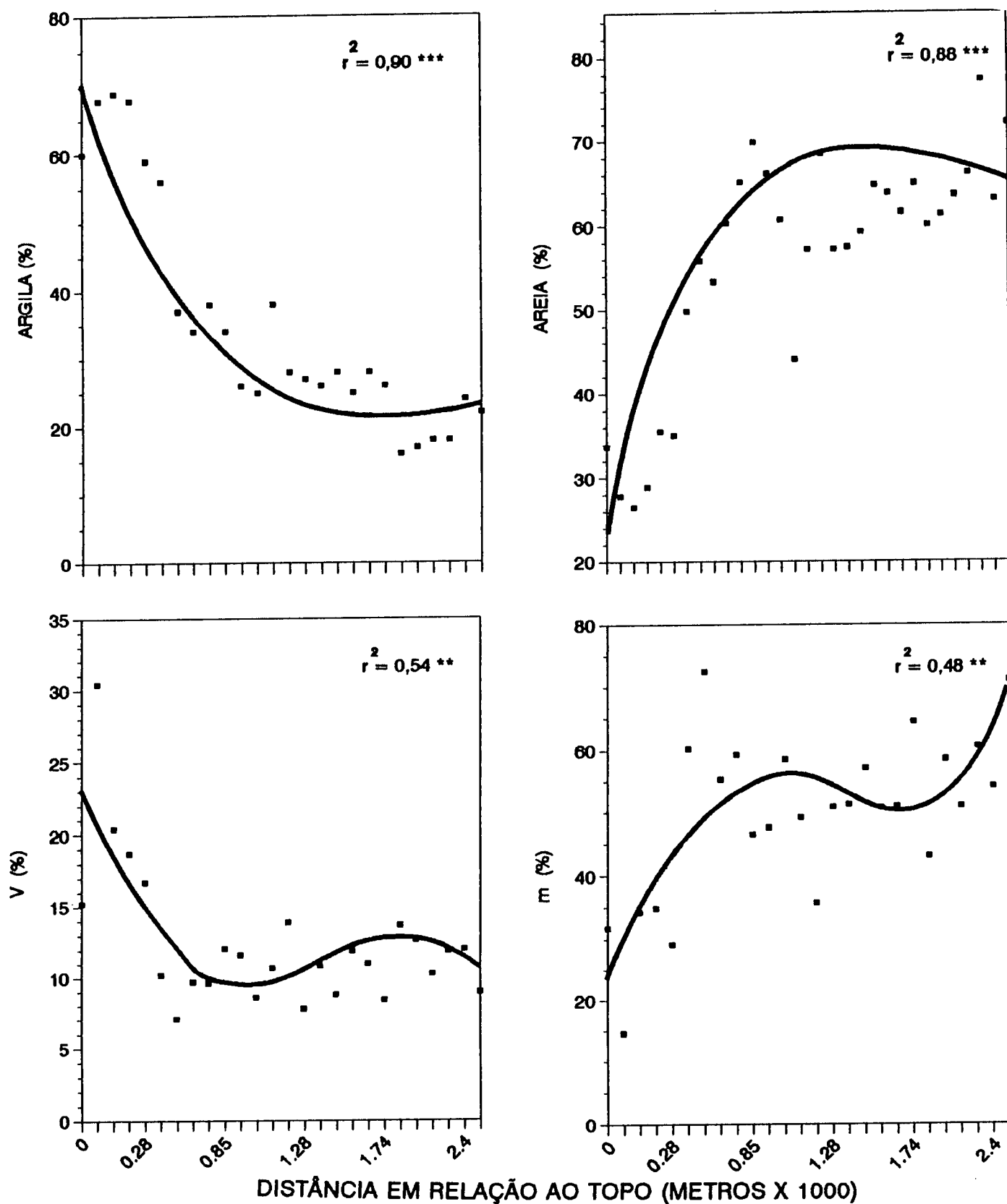


FIGURA 38. RELAÇÃO ENTRE % DE ARGILA, % DE AREIA, VALOR V e VALOR m E A DISTÂNCIA DO TOPO NA TRANSEÇÃO T2 - HORIZONTE B

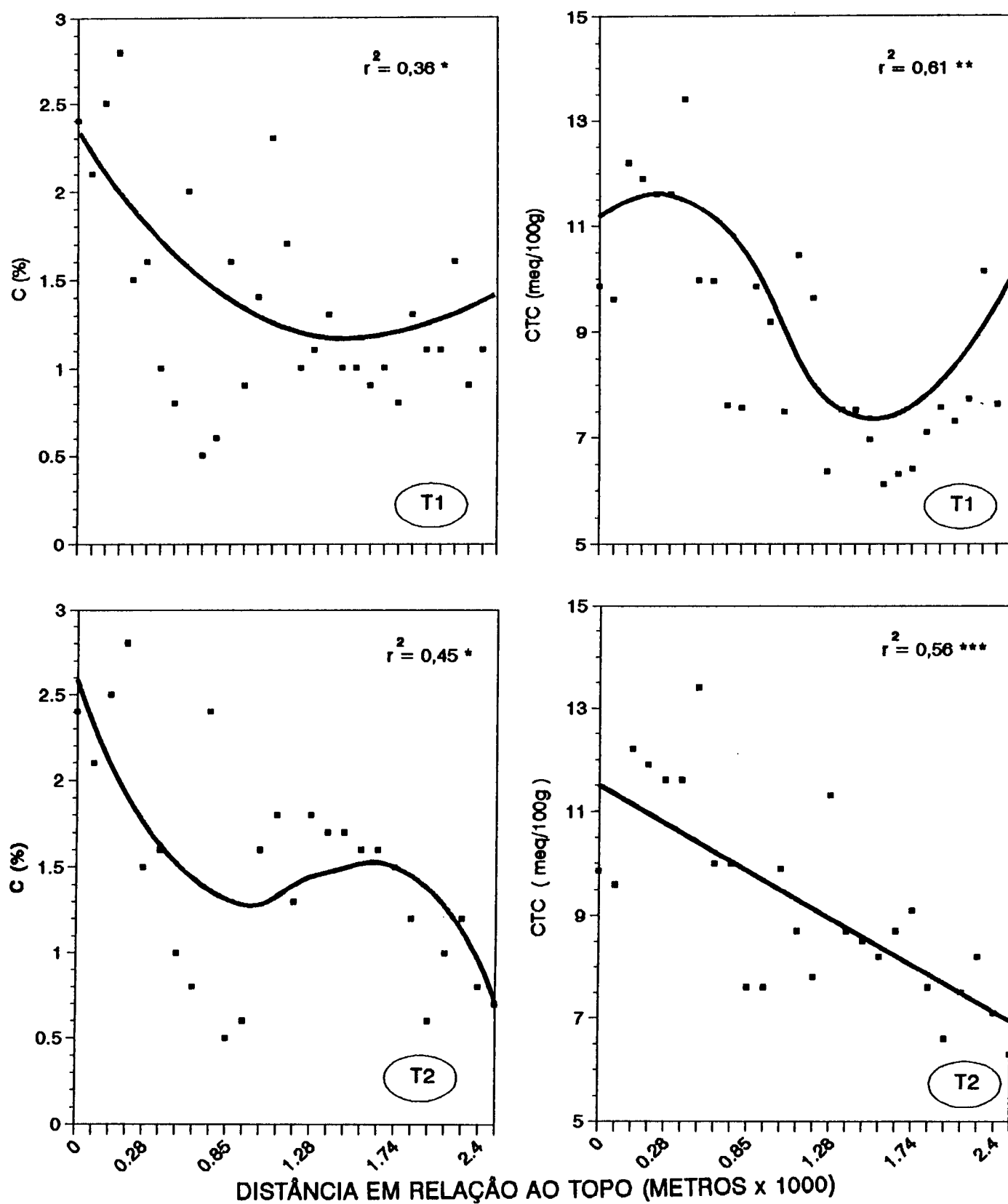


FIGURA 39. RELAÇÃO ENTRE % DE CARBONO E T/100 g DE SOLO E A DISTÂNCIA DO TOPO NAS TRANSEÇÕES T1 e T2 - HORIZONTE B

O teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total foi analisado apenas nos 5 perfis, mas os resultados indicam uma tendência de decréscimo ao longo da vertente. Como mostra a Figura 40, os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  são relativamente baixos, variando de 7,9 % à 2,2 % no horizonte B, do perfil P1 (topo) ao perfil 5 (meia encosta inferior), respectivamente, sugerindo influência diferenciada do material de origem nos teores de ferro total nos solos.

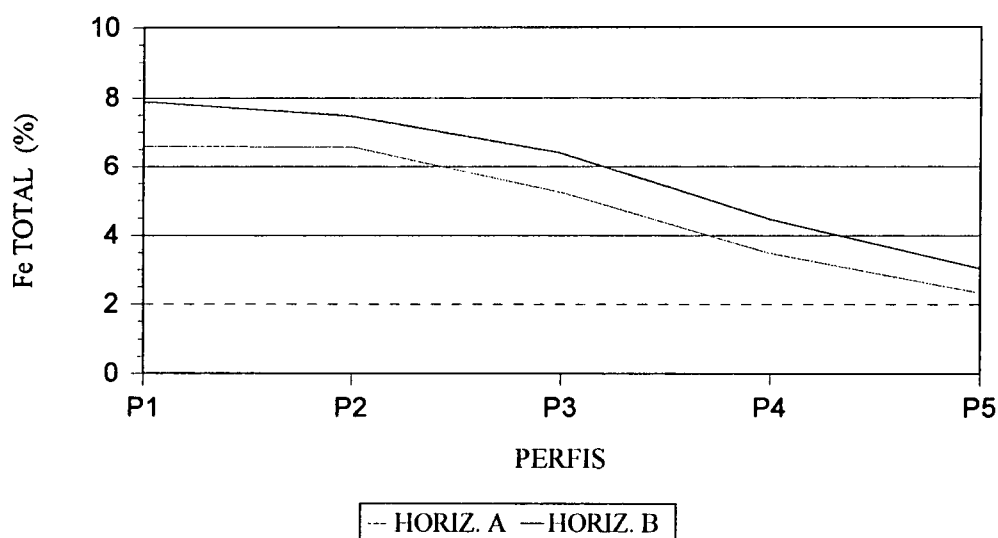


FIGURA 40. FERRO TOTAL NOS 5 PERFIS ANALISADOS, NOS HORIZONTES A E B EM ORDEM DECRESCENTE EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DO TOPO

Estes resultados são compatíveis com os encontrados por SANTOS FILHO (1981), para os Latossolos derivados de arenitos no Segundo Planalto Paranaense, onde obteve teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  variando de 2,4 a 8,4 %.

O comportamento da rede de drenagem constitui-se num importante fator na explicação dos baixos valores de correlação entre matéria orgânica e DT. Os dois principais canais de drenagem para onde fluem as nascentes locais, a saber canga Terra Vermelha e rio Cará-Cará, término da transeção T1 e T2 respectivamente, são característicos da hidrologia regional. Devido ao controle tectônico estrutural, os cursos

d'água que fluem sobre a Formação Furnas, apresentam, via de regra, vales de caráter jovem, de pequena extensão lateral, que desenvolvem-se ao longo de fraturas ou diáclases, como já explicado nos itens 3.1.5 e 3.1.7 deste trabalho.

Geralmente o acúmulo de matéria orgânica verifica-se em depressões da paisagem onde há impedimento de drenagem devido à ocorrência de bancos areníticos mais resistentes ao intemperismo, que, ou desenvolvem pequenos alagados, como o que ocorre ao fim da transeção T3 (Figura 24), ou dão formação à pequenas lagoas, tão frequentes na paisagem regional, desenvolvidas sobre a Formação Furnas. Não raro, observa-se presença de couraças lateríticas de espessura variável, na base do solum nestas depressões. Não pode-se descartar também, como hipótese de explicação destas depressões na paisagem, o fenômeno de subsidência, já explicado no no último parágrafo do item 3.1.5.

O fato das transeções passarem ou não pela superfície geomórfica B, mostrou-se decisivo na explicação do desenvolvimento de vários atributos morfológicos, físicos e químicos diferenciados ao longo das duas transeções, tais como espessura do solum, desenvolvimento da estrutura, cor e consistência, textura e saturação por bases e por alumínio. Tais variações nos atributos do solo, determinaram a ocorrência de diferentes classes de solos e unidades de mapeamento ao longo das duas transeções, com predominância de latossolos no segmento C-E da transeção T1 e de cambissolos no segmento C-D da transeção T2 (Figura 15).

#### 4.6 SEQUÊNCIA HIPOTÉTICA DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM

A partir do estudo da estratigrafia, geomorfologia e hidrologia locais e após caracterização dos solos e das superfícies geomórficas, adotou-se uma sequência hipotética para a evolução da paisagem, que encontra-se esquematizada na figura 41, cujos itens são descritos à seguir:

(a) Deposição de Pedissedimento argiloso, sob superfície erodida da Formação Furnas, provavelmente em clima semi-árido, à partir de material retrabalhado da Formação Ponta Grossa, com contribuição de sedimentos da Formação Furnas.

(b) Pedissedimento correlativo da superfície A, em nova fase semi-árida, à partir do aprofundamento dos vales. Formação da superfície B.

(c) À partir do rebaixamento do nível de base regional, com erosão das superfícies pré-existentes e deposição, tanto dos sedimentos argilosos, quanto das rochas da Formação Furnas, teve origem a superfície C.

(d) Fase Atual - Após períodos curtos de alternância de clima semi-árido e úmido, e aprofundamento dos vales, originou-se a rede de drenagem atual (superfície D).



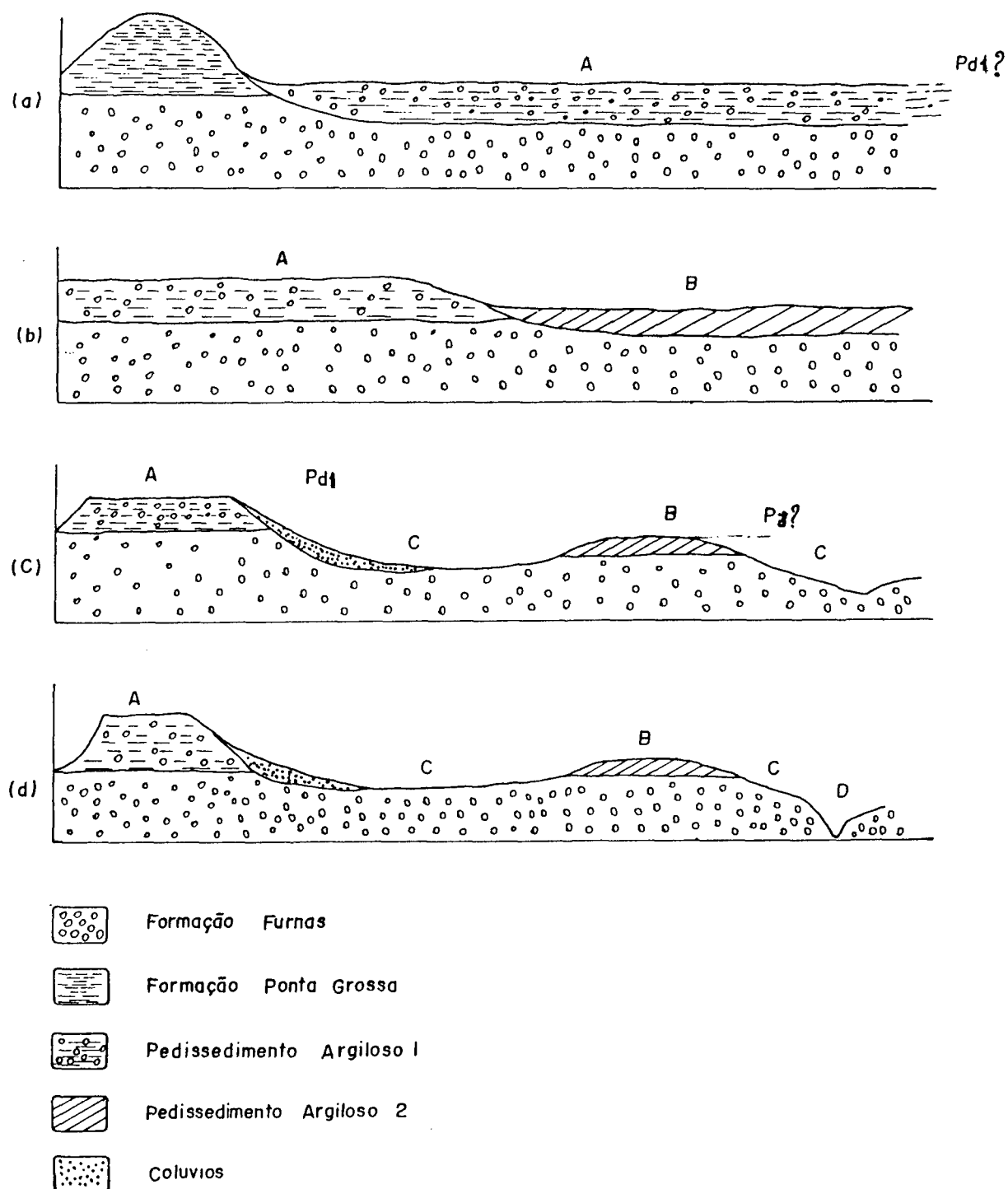


FIGURA 41. ESQUEMA HIPOTÉTICO DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM E FORMAÇÃO DAS QUATRO SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS

## **5 CONCLUSÕES**

Face ao exposto, os resultados permitem concluir:

1. Uma melhor compreensão da distribuição e gênese dos solos na paisagem, foi obtida não somente com o reconhecimento das diferentes superfícies geomórficas e suas idades relativas, mas também com a compartimentação da vertente em diferentes segmentos.

2. Observou-se influência diferenciada de material de origem na formação dos solos na área estudada. Nas posições de topo, ombro e meia encosta superior, detectou-se a ocorrência de um depósito superficial formado à partir de material retrabalhado das formações Ponta Grossa e Furnas, em ordem de contribuição, recobrindo rochas desta última formação.

3. As frações areia e argila podem ser usadas como indicadoras do grau de influência da formação Furnas e do depósito superficial, respectivamente, na origem dos solos. Como o efeito destes materiais foi observado no perfil como um todo, supõe-se que os mesmos contribuíram igualmente na formação dos horizontes de superfície e subsuperfície. A mudança do material de origem também pode em parte explicar as mudanças de alguns atributos químicos dos solos ao longo da encosta.

4. A tendência do comportamento de vários atributos dos solos pode ser quantitativamente estimada através de equações de regressão com o parâmetro DT (distância do topo). O comportamento não linear das curvas de regressão indica que diversos fatores estão influenciando na variabilidade dos solos ao longo da encosta, dentre eles, podendo ser citados: mudança do material de origem, tipo de superfície geomórfica

(erosional ou deposicional), idade relativa das superfícies, posição da vertente, acúmulo de petroplintita e formação de crostas ferruginosas em subsuperfície. A identificação destes fatores facilitou a compreensão da organização espacial dos solos na paisagem

5. Os solos formados sob as superfícies geomórficas mais antigas e deposicionais, apresentaram-se mais homogêneos, mais profundos, com mineralogia menos ativa, menores valores de CTC/100 g de argila e relação silte/argila, indicando maior grau de intemperismo do que os solos formados, nas superfícies mais jovens e erosionais. Nestas o caráter jovem do material de origem pode ser observado pela presença de mineralogia mais ativa, no segmento de meia encosta inferior, onde faz-se sentir a força erosiva dos canais de drenagem. Observou-se também maior número de classes de solos e unidades de mapeamento nas superfícies erosionais.

6. Na área estudada, a passagem lateral de horizonte A moderado para A proeminente coincide com a transição meia encosta para sopé, nas porções da paisagem onde crostas ferruginosas recobrem as rochas da formação Furnas, provocando impedimento de drenagem. Nestas condições, na sequência do seguimento sopé, pode desenvolver-se horizonte A húmico e/ou horizonte H, ou ainda haver formação de pequenas lagoas, temporárias ou permanentes. Por outro lado, a ocorrência da rede de drenagem ao longo do falhamento tectônico, originando vales em “V” fechado, determina formação de solos recentes como cambissolos e litossolos nos segmentos de vertente que ladeiam as “cangas” e rios na área estudada.

7. Os maiores valores de saturação por alumínio (caráter álico elevado em todo o perfil), foram encontrados em solos onde predominam como material de origem os constituintes da formação Furnas. Estes solos, que na área estudada localizam-se nos

segmentos de meia encosta inferior e sopé, são os de mais baixa fertilidade e maior susceptibilidade à erosão, merecendo atenção especial quanto ao manejo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AB'SABER, A. N. A depressão periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica na Bacia do Paraná. **Geomorfologia**. USP, Instituto de Geografia. São Paulo, n.15, p.1-15, 1969.
- 2 -----, A geomorfologia no Brasil. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v.1, n.2, p. 1-8, 1958.
- 3 -----, Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, ano VI, n.11, p.59-80, 1966.
- 4 AGUIAR NETO, A.; LOPES Jr. **Mapa Geológico, Folha Ponta Grossa SG-22-X-II-2**. São Paulo, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - SUREG-SP-Projeto Leste do Paraná, 1966. Escala 1:50.000.
- 5 ALEXANDER, Earl B. Extractable iron in relation to soil age on terraces along the trucker river, Nevada. **Soil Sci. Soc. Amerl. Proc.** Madison, v.38, p.121-124, 1974.
- 6 ALMEIDA, F. M. de. Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo de São Paulo. 3o. Simpósio Regional de Geologia/Curitiba. **Atas**. v.1, nov. 1981.
- 7 AZOLIN, M.A.D. **Relação solo-superfície geomórfica e material de origem à sudoeste do Rio grande do Sul**. Porto Alegre, 1975. Dissertação (mestrado-Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 117 p.
- 8 BALSTER, C.A.; PARSONS, R.B. **Geomorphology and soils**. Oregon : Oregon State Univ. Agri. Exp. Sta. Spec. Rpt., 1968.
- 9 BEINROTH, F.H.; UEHARA, G.; IKAWA, H. Geomorphic relationships of oxisols and ultisols on Kauai, Hawaii. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** Madison, v. 38, p.128-131, 1974.
- 10 BIGARELLA, J.J. Variações climáticas no Quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. In: **Boletim Paranaense de Geografia**. Curitiba : Instituto de Geologia da UFPR, n. 10 a 15, mai-1964.
- 11 BIGARELLA, J.J.; AB'SABER, A.N. Paläogeographische und Paläoklimatische Aspekte des Känozoikums in Südbrasilien. **Zeitschrift für Geomorphologie**. Berlin, v.8, n.3, p.286-312, 1964.

- 12 BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; MARQUES FILHO, P.L. **Estruturas e texturas da Formação Furnas e sua significação paleográfica**. Curitiba : Boletim da Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia, n. 18, 1966.
- 13 BIGARELLA, J. J. Esboço da geomorfologia do estado do Paraná. Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas. Curitiba. **Boletim n.32**, p.1-22, 1954.
- 14 BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari D. International Symposium on the quaternary. **Boletim Paranaense de Geociências**. UFPR. n.33, p.15-31, jul. 1975.
- 15 BIGARELLA,J.J.; MOUSINHO, M...R.; SILVA, J.X. da. Consideração à respeito da evolução das vertentes. In: **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 16 e 17. Curitiba : UFPR, jul.1965, p.85-116.
- 16 -----; -----;----- . Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. In: **Boletim Paranaense de Geografia**, n16 e 17. Curitiba : UFPR, jul. 1965, p. 117-153.
- 17 BIROT, Pierre. **Le cycle d'érosion sous les différents climats**. Faculdade Nacional de Filosofia. Universidade do Brasil. Curso de Altos Estudos Geográficos-1. Rio de Janeiro, 1960. 135p.
- 18 BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York : John Wiley, 1964.
- 19 BRINDLEY, G.W. Identification of clay minerals by X-ray diffraction analysis. **Clays and Clays technology**. Bull. p.119-130, 1969.
- 20 BRUBAKER, S.C.; JONES, A.J.; LEWIS, D.T. et al. Soil properties associated with landscape position. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, v. 57, p. 235-239, 1993.
- 21 CADY, John G. Rock weathering and soil formation in the north Carolina Piedmont region. **Soil Science Society Proceedings**. Madison, p. 337-342. 1950.
- 22 CAILLEUX, A.; TRICART, J. O problema de classificação dos fatos geomorfológicos. **Boletim Geográfico**. Conselho Nacional de Geografia (Redação) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, ano XXIV, n. 186, 1965.

- 23 CAMARGO, E.C. **Relação entre os solos, as superfícies geomórficas e a geologia de uma área no município de Arapoti-PR.** Curitiba, 1968. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Paraná.
- 24 CAMARGO, O.A. de; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.C. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos.** Inst. Agron., Campinas, Boletim Técnico n. 106, 1986. 94p.
- 25 CARAMORI, P. H.; ARITA, C. A. Evapotranspiração Potencial no Estado do Paraná segundo o método de Penman. **Boletim Técnico, IAPAR**, Londrina, n.25, p.5-21, 1988.
- 26 CARVALHO, A.; ROTTA, C. L. Estudos das formações superficiais do município de Atibaia, SP. **Boletim Paulista de Geografia.** São Paulo, n.49, jun. 1974.
- 27 CASTRO, S.S. de. **Micromorfologia de Solos** - Pequeno guia para descrição de lâminas delgadas. São Paulo, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, 1987. 87p.
- 28 CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo : Edgar Blücher Ltda, 1980. 188p.
- 29 CLINE, Marlin G. Major kinds of profiles and their relationships in New York. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** p. 123-127. 1953.
- 30 COELHO, R.M.; LEPSCH, I.F.; MENK, J.R.F. Relações solo-relevo em uma encosta com transição arenito-basalto em Jaú (SP). **R. bras. Ci. Solo.** Campinas, v.18, p. 125-137, 1994.
- 31 COLTRINARI, L.; KOHLER, H.C. O quaternário continental brasileiro: estado da arte e perspectivas. **Anais.** 1o. Congresso ABEQUA (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário). Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brasil. Porto Alegre, p. 27-36, 1987.
- 32 CONACHER, A.J.; DARLYMPLE, J.B. The nine units landsurface model : an aproach to pedogeomorphic research. **Geoderma.** Amsterdam, v.18, p. 1-154, 1974.
- 33 DANIELS, R. B. Pedology, a field or laboratory science?. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, v.52, p. 1518-1519, 1988.
- 34 DANIELS, R. B.; GAMBLE, E.E. Relations between stratigraphy, geomorphology and soils in coastal plain areas of southeastern U.S.A. **Geoderma.** Amsterdam, n. 21, p. 41-65, 1978.

- 35 DANIELS, R. B.; GAMBLE, E.E. The edge effect in some ultisols in the North Carolina coastal plain. **Geoderma**, Amsterdam, v. 1, p. 117-124, 1967.
- 36 DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.E.; CADY, J.G. The relations of geomorphology and soil morphology and genesis. **Adv. Agron.**, New York, v.23, p. 51-87, 1971.
- 37 DANIELS, R.B.; HAMMER, R.D. **Soil Geomorphology**. Nova Iorque : J. Wiley & Sons, Inc, 1992.
- 38 DARLYMPLE, J.Bº; BLONG, R.J.; CONACHER, A.J. An hipothetical nine unit landsurface model. *Zeilschrift fur Geomorphologie*. v.12, n.1, p.60-1176, 1968.
- 39 DEMATTÊ, J. L. I., H.OLOWAYCHUK, N. Solos da região de São Pedro, Estado de São Paulo. I- Propriedades granulométricas e químicas. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, v.1, p. 92-98, 1977.
- 40 -----, -----, II- Mineralogia. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, v.1, p. 99-103, 1977.
- 41 -----, -----, III- Micromorfologia. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, v.1, p. 104-107, 1977.
- 42 DIAS FERREIRA, R.P.; QUEIROZ NETO, J.P. Sequência de alterações na região da serra do Limoeiro, S.P. In : Congresso Brasileiro de Geologia (28: 1974; Porto Alegre). **Anais**. São Paulo: Soc. Bras. Geol., v.1, p. 49-58, 1974.
- 43 DIJKERMAN, J.C.; MIEDEMA, R. An ustult - aquult - tropept catena in sierra Leone, west Africa, i. characteristics, genesis and classification. **Geoderma**, Amsterdam, v. 42, p. 1-27, 1988.
- 44 EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. S.N.L.C.S. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Tomo 1**. Curitiba, EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, Boletim Técnico n.57, 1984. 414p.
- 45 EMBRAPA. SNLCS. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento**. Rio de Janeiro, n. 11, 1988. 67p.
- 46 FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brasos river bar: a study on the significance of grain-size parameters. **J. Sed. Petrol.**, v.27, p.3-26, 1957.



- 47 FOURNIER, J. **Characterization et inventaire de l'erodibilité des sols dans le secteur de Palmeira**. Montpellier, France, 1989. Dissertação (Mestrado-Ciência do Solo), UFPR/I.N.R.A.
- 48 FUCK, R.A. **Nota explicativa da folha geológica de Quero-Quero**. Curitiba : Univ. Fed. Paraná, 1966.
- 49 GAMBLE, E.E.; DANIELS, R.B. Parent material of upper and middle-coastal plain soils in North Carolina. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.38, p. 633-37, 1974.
- 50 GERRARD, J. **Soil Geomorphology**. London : Chapman & Hall, 1992.
- 51 GURY, M.; DUCHAUFOUR, Ph. Relations enter les formations superficielles et la pédogenése sur substratum calcaire. **Science du Sol**. v. 1, 1972.
- 52 HACK, John T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **Amer. Journal of Science**. 1960. Bradley Volume, 258-A, p. 80-97 (transcrito em *Notícia Geomorfológica*), v.12, n.24, p...3-37.
- 53 HALL, Geoge F. Pedology and Geomorphology. In: WILDING, L.P., SMECK, N.E., HALL, G.F. **Pedogenesis and Soil Taxonomy**. I. Concepts and Interactions. Amsterdam-Oxford-New York : Elsevier, 1983. p. 117-141.
- 54 HARWARD, M.E.; THEISEN, A.A. A past method for preparations of slides, for clay mineral identification by X-ray diffraction. **Soil Science**, p. 90-91, 1962.
- 55 HOLMGREN, G.S. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.31,p.210-211.1967.
- 56 IAPAR. **Manual Agropecuário para o Paraná**. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, v.2, 1978.
- 57 JACKSON, M.L. Frequency distribution of clay minerals in major great soil groups as related to the factors of soil formation. In: **CLAYS AND CLAY MINERALS. Conference**. (6: 1959: New York), Pergamon Press, 1959.
- 58 JACKSON, M.L. **Soil Chemical Analysis**. Advanced Course. Madison, Wisconsin: publicado pelo autor, 1969.
- 59 JENNY, H. **Factors of Soil Formation**. New York, McGraw-Hill. 1941.
- 60 JONGERIUS, A.; HEINTZBERGER, G. Methods in soil micromorphology. A technique for the preparation of large thin sections. **Soil Survey Paper**, Wageningen, n.9: Netherlands Soil Survey Inst., 1975.

- 61 JOURNAUX, André. O estudo das formações superficiais na França. **Sedimentologia e pedologia**. USP, Instituto de Geologia. São Paulo, p. 1-19, 1973.
- 62 KAMPF, N.; SCHWERTMANN, U. The 5-m-NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. **Clays and clays mineralogy**. v.30, p. 401-408, Clarkson, 1982.
- 63 KING, L. Canons of Landscape Evolution. **Bull. Geol.Soc. of America**. New York, v.64,n.7, p.721-752, 1953.
- 64 KURIYAMA, R.H.; LESSA, G. **Mapa Planialtimétrico da Fazenda Modelo do IAPAR**, Ponta Grossa. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, 1987. Escala 1:10.000.
- 65 LEPSCH, I. F.; BUOL, S. W.; DANIELS, R.B. Soil landscape relationship in Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil : I. Geomorphic Surfaces and Soil Mapping Units. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 41, p. 104-109, 1977.
- 66 LEPSCH, I.F. Soil Landscape relations in basaltic soils at Innisfail, North Queensland. **Division of soils Divisional Report - CSIRO**, Austrália, N. 103, 39p., 1989.
- 67 ----- . Superfícies geomorfológicas e depósitos superficiais neoceno-zóicos em Echaporã, SP. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo, n. 53, p.5-34, fev. 1977.
- 68 ----- . Soil landscape relationship in the Occidental Plateau of São Paulo, Brazil : II. Soil morphology, genesis and classification. **Soil Sci Soc. Am. J.**, Madison, v.41, p. 109-115, 1977.
- 69 LIER, Q. de J. van; VIDAL-TORRADO, P. PHI: Programa de microcomputador para análise estatística da granulometria de sedimentos. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, v.16, n.2, p. 277-281, mai/ago. 1992.
- 70 LIMA, J.M.J.C. **Estudo de uma sequência de solos desenvolvidos de rochas básicas do sudoeste do estado do Paraná**. Piracicaba, 1979. Dissertação (mestrado- Ciência do Solo), Universidade de São Paulo.
- 71 LIMA, J.M.J.C.; LIMA, V.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Toposequência de solos no sudoeste do Paraná. **Rev. Setor Ciências Agrárias**. UFPR. Curitiba, v. 6, p.71-86, 1984.

- 72 LIMA, V.C. **Caracterização e classificação de solos derivadas de eruptivas básicas do Terceiro Planalto Paranaense.** Piracicaba, 1979. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo.
- 73 LIMA, J.M.J.C.; LIMA, V.C.; MAZZA, J.A. Relação solo x paisagem na Bacia do Córrego da Balsa, Piracicaba, S.P. Separata de: **Rev. Setor Ciências Agrárias, UFPR.** Curitiba, v.11, p. 253-263, 1989/1991.
- 74 MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina., **Arq. Biol. Tecn.** Curitiba, v.II, art. 7, 1947. p.66-154
- 75 MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná.** 2 ed. Rio de Janeiro : J. Olympio, 1981.
- 76 MALO, D. D.; WORCESTER, B. K.; CASSEL, D. K. et al. Soil-landscape relationships in a closed drainage system. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc,** Madison, v.38, p. 813-818, 1974.
- 77 McKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal of Soil Science.** Ottawa, v. 46, p. 13-22, 1966.
- 78 MELFI, A.J.; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências.** v.7, p.271-286, 1977.
- 79 MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particular for East African Soils. **Soil Res.** v.4, n.3, 1935.
- 80 MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Mapa Geológico do Município de Ponta Grossa.** Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. Escala 1:100.000.
- 81 MONIZ, A. C.; CARVALHO, Adilson. Sequência de evolução de solos derivados do arenito Bauru e de rochas básicas da região noroeste do estado de São Paulo. **Bragantia, Rev. Científica do Instituto Agrônômico do estado de São Paulo.** Campinas, v. 32, n. 17, p. 309-335, nov. 1973.
- 82 MONIZ, A.C.; BUOL, S.W. Formation of an Oxisol-Ultisol transition in São Paulo, Brazil: I. Double-water flow model of soil development. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, v.3, p.1228-1233, 1982.
- 83 MONIZ, A. C. **Formation of an oxissol-ultisol transition in São Paulo, Brasil.** Raleigh, 1980. Thesis (Doctor of Philosophi Soil Science) - Department of Soil Science, Faculty of North Carolina State University.

- 84 MOREIRA, A. A.N.; LIMA, G. R. Relevô. **Geografia do Brasil - Região Sul**. IBGE, Departamento de Geografia. Rio de Janeiro, Sergraf, v. 5, 1977.
- 85 NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro : IBGE, 1989.
- 86 NORRISH, K.; TAYLOR, R.M. The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. London. **J. Soil Science**. V.12, p.294-300, 1961.
- 87 OLIVEIRA, A. I. de; LEONARDOS, O.H. **Geologia do Brasil**. 3. ed. Mossoró : Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1978.
- 88 PARSONS, R. B.; SIMONSON, G. H.; BALSTER, C. A. Pedogenic and geomorphic relationships of associated aqualfs, albolls, and xerolls in western Oregon. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** Madison, v.32, p. 556-563, 1968.
- 89 PAULA SOUZA, D.M. de. Sequência catenária na Formação Ponta Grossa. Relatório Final de Pesquisa. **Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR** Ponta Grossa, 1991.
- 90 PAULA SOUZA, L.C. de.; PAULA SOUZA, D.M. Latossolos e suas ocorrências fisiográficas no Município de Ponta Grossa-PR. Relatório Final de Pesquisa. **Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR**. Ponta Grossa, 1992.
- 91 PAVAN, M. A., BLOCH, M.F., ZEMPULSKI, H. C. et.al. **Manual de análise química do solo**. Londrina, Instituto Agrônômico do Paraná, 1991.
- 92 PEDRO, G.; MELFI, A.J. The superficial alteration in tropical region and the lateritisation phenomena. **II International seminar on lateritisation processes**. São Paulo, p.1-13, 1982.
- 93 PENCK, Walther. **Morphological analysis of land forms**. London : MacMillan and Co., 1953.
- 94 PENTEADO, Margarida Maria. Novas informações a respeito dos pavimentos detriticos. **Not. Geomorfológica**. Campinas, v. 17, n. 9, p. 15-41, jun. 1969.
- 95 PENTEADO, Margarida Maria; RANZANI, Guido. Problemas geomorfológicos relacionados com a gênese dos solos podzolizados - Marília. **Sedimentologia e Pedologia**. USP, Instituto de Geografia. São Paulo, p. 1-23, 1973.
- 96 PIERSON, F. B.; MULLA, D. J. Aggregate stability in the palouse region of Washington: effect of landscape position. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 54, p. 1407-1412, sep./oct. 1990.

- 97 PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA. **Plano Diretor de Vila Velha**. v.1, Ponta Grossa, 1990.
- 98 QUEIROZ NETO, J. P.; MODENESI, M. C. Observações preliminares sobre as relações entre os solos e a geomorfologia na área de Itu-Salto, Estado de São Paulo. 13º Congresso Brasileiro de Sciencia do Solo. **Anais** . p.69-70, 1969.
- 99 QUEIROZ NETO, J.P.; CARVALHO, A.; JOURNAUX, A. et.al. Cronologia de alteração dos solos da região de Marília, S.P. **Sedimentologia e Pedologia**. São Paulo. USP. Inst. Geog., n.5, p.1-52, 1973.
- 100 QUEIROZ NETO, J.P.; MODENESI, M. Observações preliminares sobre as relações entre os solos e a geomorfologia na área de Itú-Salto, estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. (13: 1971, Vitória), **Anais**. Vitória: Soc. Bras. de Ciência do Solo. p. 69-70. (resumo)
- 101 RAMOS, Adriano Nunes. **Argilominerais das Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná**. Colab. Milton L. L. Formoso. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, CENTES, DINTEP p. 17-38, 1975.
- 102 RANZANI, G.; PENTEADO, M.M.; SILVEIRA, J.D. da. Concreções ferruginosas, paleossolo e a superfície de cimeira no Planalto Ocidental Paulista. **Geomorfologia**, USP, Inst. Geog., São Paulo, n.31, p. 1-28, 1972.
- 103 RANZANI, Guido; PENTEADO, Margarida Maria; SILVEIRA, João Dias da. Concreções ferruginosas, paleossolo e a superfície de cimeira no Planalto Ocidental Paulista. **Geomorfologia**. USP, Instituto de Geografia. São Paulo, n. 31, p. 1- 28, 1972.
- 104 ROCHA, H.O. **Die Böden und geomorphologischen Einheiten der region von Curitiba (Paraná-Brasilien)**. Freiburg, 1981.Tese (Doutorado). Albert-Ludwigs - Universität zu Freiburg im Breisgau.
- 105 RODRIGUES, T. E.; KLANT, E. Mineralogia e gênese de uma sequência de solos do Distrito Federal. **R. bras. Ci. Solo**. n.2, p.132-139, 1978.
- 106 RUHE, R.V. Elements of the soil landscape. In : INTERNATIONAL CONGRES OF SOIL SCIENCE (7 : 1960 : Madison) : **Transaction**, Amsterdam, Elsevier, v.4, p. 165-170.
- 107 RUHE, R. V. Geomorphic surfaces and the nature of soils. **Soil Science**. v. 2, n.6, p. 441-455, 1956.
- 108 ----- **Geomorphology**. Boston : Houghton Mifflin Company, 236p.1975.

- 109 -----. **Quaternary Landscape in Iowa.** Ames : Iowa State Univ. Press, 1969.
- 110 SALAMUNI, R.; BIGARELLA, J.J. The Pré-Gondwana Basement. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. **Problems in Brazilian Gondwana Geology.** Curitiba: M. Roesner Ltda, p.3-24, 1967.
- 111 SANTOS FILHO, A. **Genese und Eigenschaften repräsentativer Bodentypen in der schichtstufenlandschaft des Staates Paraná, Brasilien.** Freigurg, 1977. Tese (doutorado). Albert-Ludvigs - Universität zu Freiburg im Breisgau.
- 112 SANTOS FILHO, A.; ROCHA, H.O. da. Relação entre solos e superfícies de erosão na região de Foz de Iguaçu-pr. II- Óxidos Pedogenéticos. Separata de: **Rev. Set. Ciências Agrárias, UFPR.** Curitiba, v.3, p.133-137, 1981.
- 113 SBCS/SNLCS. **Manual de Métodos de Trabalho de Campo.** Campinas : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 36p. 1982.
- 114 SCATOLINI, F. M.; MONIZ, A. C. Influência do material de origem, do lençol freático surgente e da posição topográfica nos solos de uma encosta em Mococa. **R. bras. Ci. Solo.** Campinas, v. 16, p. 379-388, 1992.
- 115 SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E. et.al. Revisão Estatigráfica da Bacia do Paraná. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA (28; 1974, são Paulo), **Anais.** São Paulo, Soc. Bras. Geol., v.1, p. 41-65, 1974.
- 116 SIMONSON, Roy W. Concept of Soil. **Adv. Agron.** New York, Academic Press Inc, v. 29, 1968.
- 117 SOIL SURVEY STAFF. Soil Taxonomy. A system of soil classification for making and interpreting soil surveys. **Agriculture Handbook n.436.** U.S. Department of Agric., United States Government Printing Office, Washington, D.C., 1975.
- 118 STEPHENS, C.G. Climate as a factor of soil formation through the Quaternary. Austrália, **C.S.I.R.O. Division of Soils**, 1964.
- 119 STOOPS, G.J.; BUOL, S.W. Micromorphology of Oxisols. In: Soil Micromorphology and Soil Classification. **Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ.** n.15, p.105-120, 1985.
- 120 SUGUIO, Kenitiro. **Introdução à Sedimentologia.** São Paulo : Edgar Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 317p. 1973.

- 121 TRICART, J.; MICHEL, P. Morphogenese et Pedogenese. I - Aproche Methodologique: Geomorphology et Pedologie. **Science du Sol.**, n.1, p. 69-85, 1965.
- 122 TRICART, Jean. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.8, n.15, p. 5-18, jun.1968.
- 123 UBERTI, A.A., KLAMT, E. Relações solo-superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 8 p. 229-234, 1984.
- 124 VIDAL TORRADO, P.; LEPSCH, I. F. Morfogênese dos solos de uma toposequência com transição B latossólica/B textural sobre migmatitos em Mococa (SP). **R. bras. Ci. Solo.**, Campinas, v. 17, n.1, p. 109-119, jan./abr.1993.
- 125 VIDAL-TORRADO, Pablo. **Relações solo x relevo em Mococa (SP); influência das características topográficas e posição na vertente nos atributos do solo**. Piracicaba, 1989. Dissertação (mestrado- Ciência do Solo) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", USP.
- 126 WALKER, P.H. Postglacial environments in relation to landscape and soils on the Cary drift Iowa. Iowa State University. **Exp. Station Reserch Bulletin**, 549, p. 838-875, 1966.
- 127 WAMBEKE, A.R. van. Criteria for classifying tropical soils by age. **J. Soil Sci.**, v. 13, p.124-132, 1962.
- 128 WARSHAW, C.M.; ROY, R. Classification and a scheme for the identification of layer silicates. **Bull. Geological Soc. American**, p. 1455-1492, 1961.

## 7 ANEXO

### 7.1 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS

#### PERFIL P 1

Classificação: LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO A moderado  
textura argilosa a muito argilosa fase campo subtropical relevo plano

Localização: Próximo à sede da Fazenda Escola da UEPG.

Situação e Declive: Trincheira aberta em superfície plana, situada no topo da vertente  
analisada. Superfície Geomórfica A

Formação Geológica

e Litologia: Formação Furnas. Rocha sedimentar do período Devoniano

Material de Origem: Material retrabalhado da Formação Furnas misturado com sedimentos  
da Formação Ponta Grossa

Relevo: Regional: Suave ondulado, tendendo a ondulado com formação de  
pequenos "canyons", próximo à rede de drenagem

Local: Plano à suave ondulado

Altitude: 1.025 metros

Drenagem: Acentuadamente drenado

Erosão: Não aparente

Vegetação natural: Campo subtropical



Clima: Cfb de Koepen

Uso Atual: Rotação de culturas anuais

Ap .....0 - 20 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição clara e plana

AB .....20 - 30 cm; vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana

BA .....30 - 40 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana

Bw1 .....40 - 110 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; moderada muito pequena granular e moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente duro muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara à abrupta e plana

Bw2 .....110 -180 cm; vermelho (10R 4/8, úmido); argila; moderada à forte pequena blocos subangulares e moderada muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana

Bw3 .....180 - 250+ cm; vermelho (10R 4/8, úmido); argila; moderada à forte  
pequena blocos subangulares e moderada muito pequena granular;  
ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso

OBS: Trincheira de 200 cm de profundidade. Em tradagem até 9,0 m não foi encontrado vestígel do horizonte BC. Foi constatada presença de cerosidade no campo, mas a amostra perdeu o brilho ceroso quando seca e não foram encontrados cutans iluviais em lâmina delgada. Porosidade pequena, média e grande em todo o perfil. Grande atividade biológica, principalmente de cupins, corós e algumas minhocas.

## PERFIL P 2

Classificação: LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO A moderado textura argilosa à muito argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado

Localização: Divisa da Fazenda Escola da UEPG com a Fazenda Modelo do IAPAR  
Situação e Declive: Trincheira aberta em superfície suave ondulada em posição de *ombro* da vertente analisada. Superfície geomórfica C

Formação Geológica

e Litologia: Formação Furnas. Rocha sedimentar do período Devoniano

Material de Origem: Material retrabalhado da Formação Furnas com elevada contribuição de sedimentos da Formação Ponta Grossa

Relevo: Regional: Suave ondulado tendendo a ondulado com formação de pequenos "canyons" próximo à rede de drenagem  
 Local: suave ondulado

Altitude: 980 metros

Drenagem: Bem drenado. A cerca de 300 cm de profundidade observamos material de origem enxarcado

Erosão: Ligeira

Vegetação Natural: Campo subtropical

Clima: Cfb de Koepen

uso Atual: Pastagem plantada

Ap .....0 - 23 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena granular; ligeiramente duro muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana

AB .....23 - 30 cm; bruno avermelhado (5YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena granular; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana

BA .....30 - 38 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena granular; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana

Bw1 .....38 - 85 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); argila; moderada muito pequena e pequena granular e moderada muito pequena blocos

subangulares; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; clara à abrupta e plana

- Bw2 .....85 - 115 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido); argila; moderada à forte blocos subangulares e moderada muito pequena granular; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana
- Bw3 .....115 - 165 cm; vermelho (10R 4/8, úmido); argila; moderada à forte blocos subangulares e moderada muito pequena granular; duro, firme, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana
- BC .....165 - 240 cm; vermelho (10R 4/8, úmido); argila arenosa; moderada à forte blocos subangulares e moderada muito pequena granular; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e irregular
- C .....240 - 280+ cm

OBS: Trincheira de 200 cm de profundidade. Observações mais profundas efetuadas com o auxílio do trado. Nos horizontes Bw2 e Bw3 foi observada cerosidade no campo, mas a amostra seca perdeu o brilho ceroso e não foram observados cutans iluviais nas lâminas delgadas. Muitos poros pequenos médios e grandes em todo o perfil. Grande atividade biológica. Concreções frequentes, pequenas e grandes, duras, irregulares e vermelhas, tipo "ironstones" nos horizontes Bw2, Bw3, BC e C, sendo mais pronunciadas no BC e C. À partir dos 260 cm começou a minar água no perfil. Detectou-se à partir de 3,0 m de profundidade 1,0 m de espessura de sedimento

retrabalhado com predominância de clásticos mais finos, possivelmente com elevada contribuição da formação Ponta Grossa. Segue-se contato lítico com a rocha da formação Furnas.

### PERFIL P 3

Classificação:	LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO A MODERADO textura argilosa fase campo subtropical relevo plano
Localização:	Fazenda Modelo do IAPAR, próximo à uma torre da rede de transmissão.
Situação e Declive:	Trincheira aberta em superfície suave ondulada situada em posição de <i>sopé intermediário de encosta</i> . Superfície geomórfica C
Formação Geológica e Litologia:	Formação Furnas. Rocha sedimentar do Período Devoniano
Material de Origem:	Material retrabalhado da Formação Furnas com contribuição de sedimentos da Formação ponta grossa
Relevo: -	Regional: Suave ondulado tendendo a ondulado com formação de pequenos "canyons" próximo à rede de drenagem Local: Suave ondulado
Altitude:	950 metros
Drenagem:	Acentuadamente drenado
Erosão:	Moderada

Vegetação Natural: Campo subtropical

Clima: Cfb de Koepen

Uso Atual: Pastagem nativa dos Campos Gerais

Ap ..... 0 - 23 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena a pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana

AB ..... 23 - 30 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena a pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição clara e plana

BA ..... 30 - 40 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada muito pequena a pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição clara e plana

Bw1 ..... 40 - 70 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila arenosa; moderada muito pequena granular e moderada muito pequena blocos subangulares que se rompem em fraca muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição gradual e plana

Bw2 ..... 70 - 153 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila arenosa; moderada muito pequena granular e moderada muito

pequena blocos subangulares que se rompem em fraca muito  
 pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente  
 plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana

Bw3 ..... 153 - 250 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila  
 arenosa; moderada muito pequena granular e moderada muito  
 pequena blocos subangulares que se rompem em fraca muito  
 pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente  
 plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana

BC ..... 250 - 280+ cm; vermelho amarelado (5YR 5/6, úmido); argila  
 arenosa; moderada muito pequena granular e moderada muito  
 pequena blocos subangulares que se rompem em fraca muito  
 pequena granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e  
 ligeiramente pegajoso

OBS: Trincheira de 200 cm de profundidade. Observações em maior profundidade com  
 auxílio do trado. Não foi constatada presença de cerosidade no campo. Muitos  
 poros pequenos médios e grandes e grande atividade biológica em todo o perfil.  
 Concreções frequentes, pequenas e grandes, duras irregulares e vermelhas, tipo  
 "ironstone" à partir do horizonte Bw3. Foi observada cor vermelha mais intensa, à  
 partir de 290 cm.

**PERFIL P 4**

**Classificação:** LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A moderado  
textura média fase campo subtropical relevo plano

**Localização:** Fazenda modelo do IAPAR.

**Situação e Declive:** Trincheira aberta em superfície plana, na superfície geomórfica B,  
em posição de *sopé intermediário* da encosta

**Formação Geológica**

**e Litologia:** Formação Furnas. Rocha sedimentar do período Devoniano

**Material de Origem:** Material retrabalhado, com predominância dos constituintes da  
formação Furnas

**Relevo:**

- Regional: Suave ondulado, tendendo à ondulado com formação de pequenos "canyons" próximo à rede de drenagem
- Local: Plano à suave ondulado

**Altitude:** 900 metros

**Drenagem:** Acentuadamente drenado

**Erosão:** Ligeira

**Vegetação Natural:** Campo Subtropical

**Clima:** Cfb de Koepen

**Uso Atual:** Pastagem nativa



- Ap ..... 0 - 25 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada à fraca pequena à muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana
- AB ..... 25 - 30 cm; bruno avermelhado (5YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso; moderada à fraca pequena à muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana
- BA ..... 30 - 37 cm; vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; moderada à fraca pequena à muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana
- Bw1 ..... 37 - 65 cm; vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; fraca muito pequena blocos subangulares que se rompem em fraca muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana
- Bw2 ..... 65 - 160 cm; vermelho amarelado (5YR 5/6, úmido); franco argilo arenoso; fraca muito pequena blocos subangulares que se rompem em fraca muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana

Bw3 ..... 160 - 300+ cm; vermelho amarelado (5YR 5/6, úmido); argila arenosa; fraca muito pequena blocos subangulares que se rompem em fraca muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso

OBS: Trincheira de 200 cm de profundidade. Observações até 550 cm com auxílio do trado. Muitos poros pequenos médios e grandes e grande atividade biológica em todo o perfil. Não foi constatada cerosidade no campo. Não foram observadas concreções. Horizonte BC à 400 cm de profundidade. Horizonte C à partir de 550 cm, de regolito com clásticos mais grosseiros típicos da formação Furnas.

## PERFIL P 5

Classificação: CAMBISSOLO Tb ÁLICO A moderado textura média fase campo subtropical relevo ondulado substrato Arenito Furnas

Localização: Fazenda Modelo do Iapar, próximo ao rio Cará-Cará.

Situação e Declive: Trincheira aberta em vertente com cerca de 20 % de declividade, em posição de meia encosta inferior, na superfície geomórfica D

Formação Geológica

e Litologia: Formação Furnas. Rocha sedimentar do período Devoniano

Material de Origem: Formação Furnas

Relevo:	Regional: Suave ondulado, tendendo à ondulado ou mesmo com formação de pequenos "canyons" próximo à rede de drenagem Local: Ondulado
Altitude:	880 cm
Drenagem:	Bem drenado
Erosão:	Moderada
Vegetação Natural:	Campo subtropical
Clima:	Cbf de Koepen
Uso Atual:	Pastagem nativa
Ap .....	0 - 22 cm; bruno escuro (7,5YR 4/4); franco arenoso; fraca pequena granular; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana
BA .....	22 - 48 cm; bruno forte (7,5YR 4/6, úmido); franco arenoso; fraca pequena granular; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana
Bi .....	48 - 140 cm; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido); franco argilo arenoso; fraca pequena granular; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana
Cr .....	140 - 190+ ; camada constituída de arenito semi-decomposto, com pequena ocorrência de nódulos macios de plintita.

OBS: Trincheira de 200 cm de profundidade. À partir de 150 cm começou a minar água no perfil.

## 7.2 DIFRATOGRAMAS DE RAO X



FIGURA 42. DIFRATOGRAMAS DE RAO X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P1

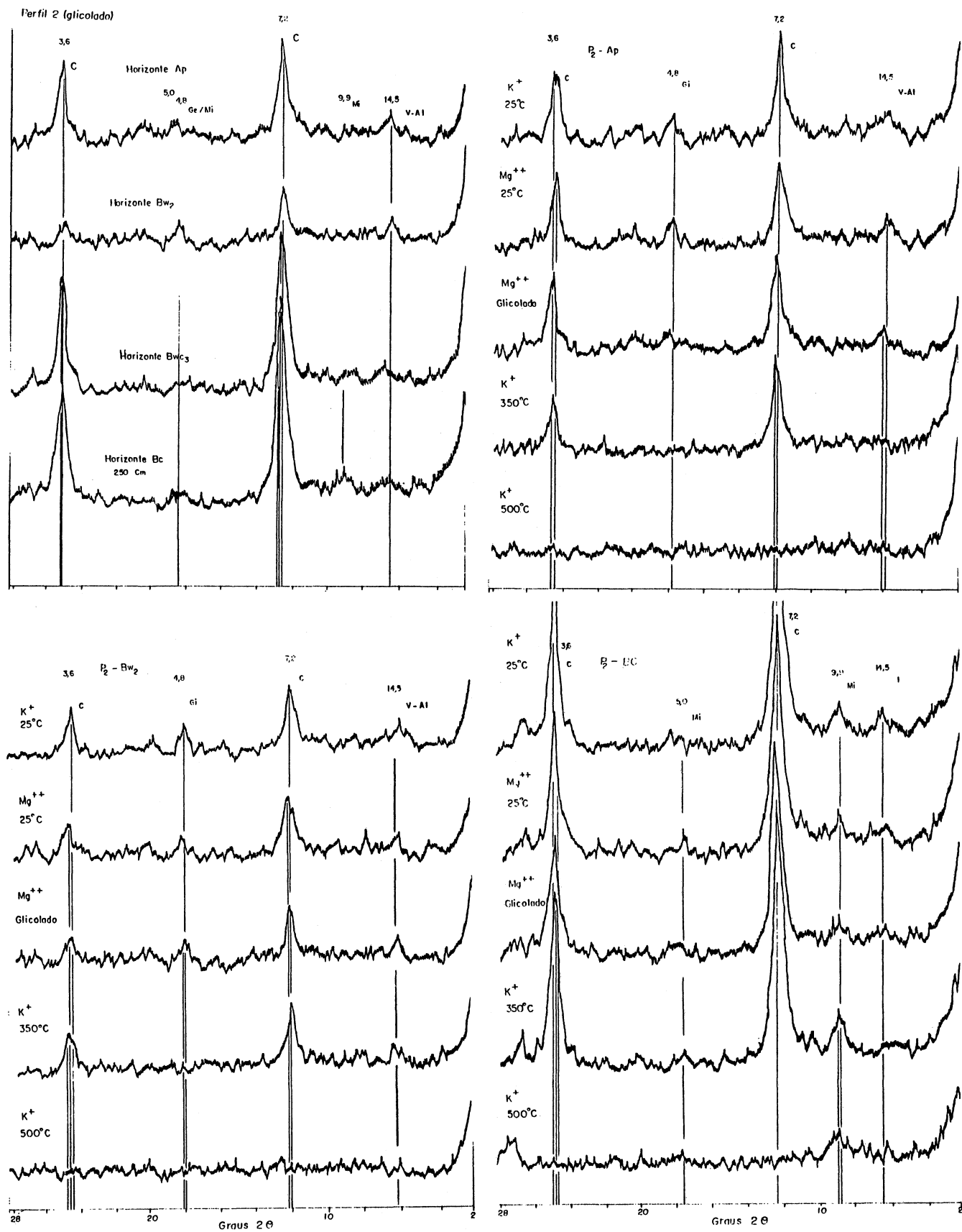


FIGURA 43. DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P2

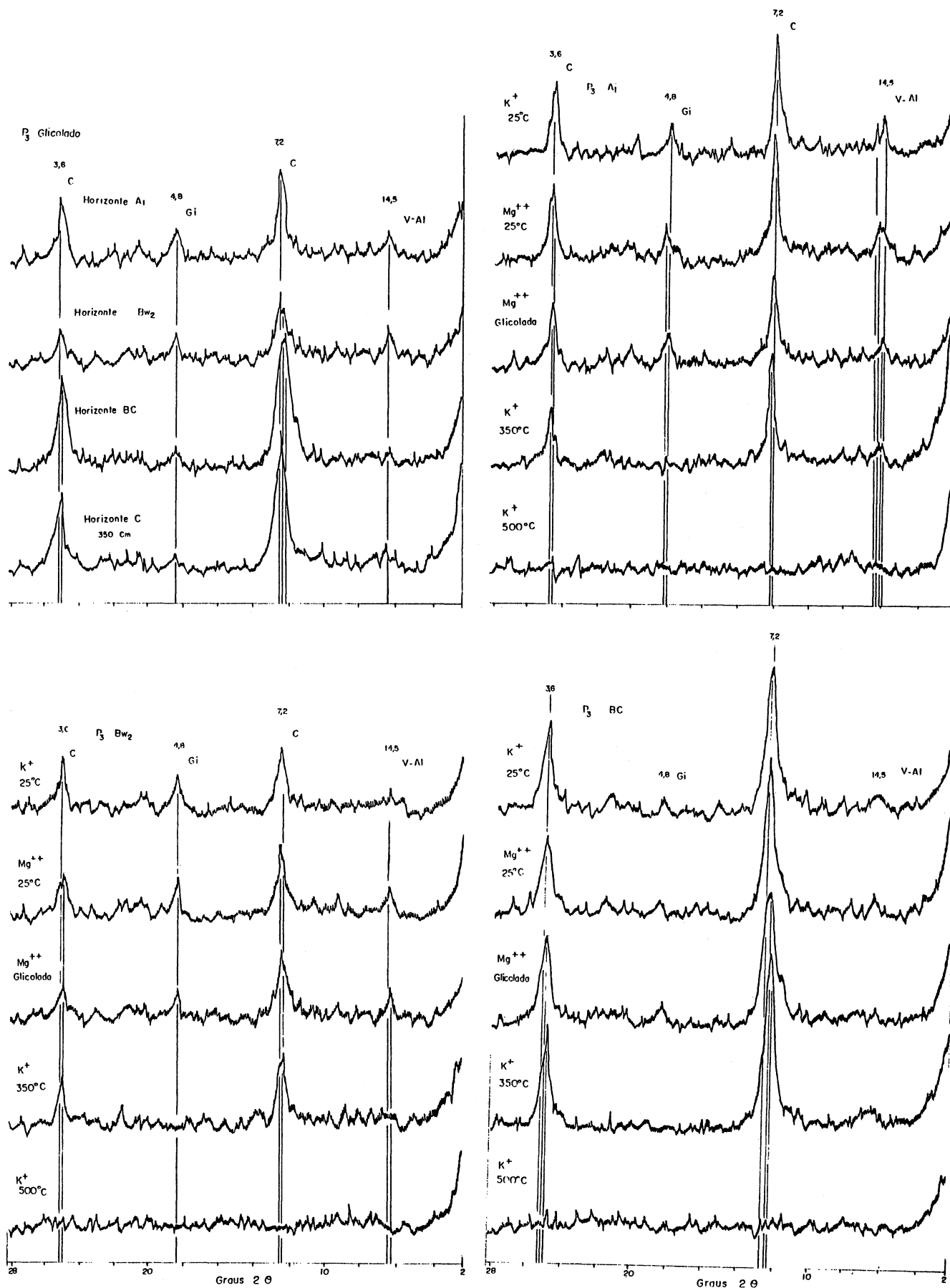


FIGURA 44. DIFRATOGRAMAS DE RAO X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P3

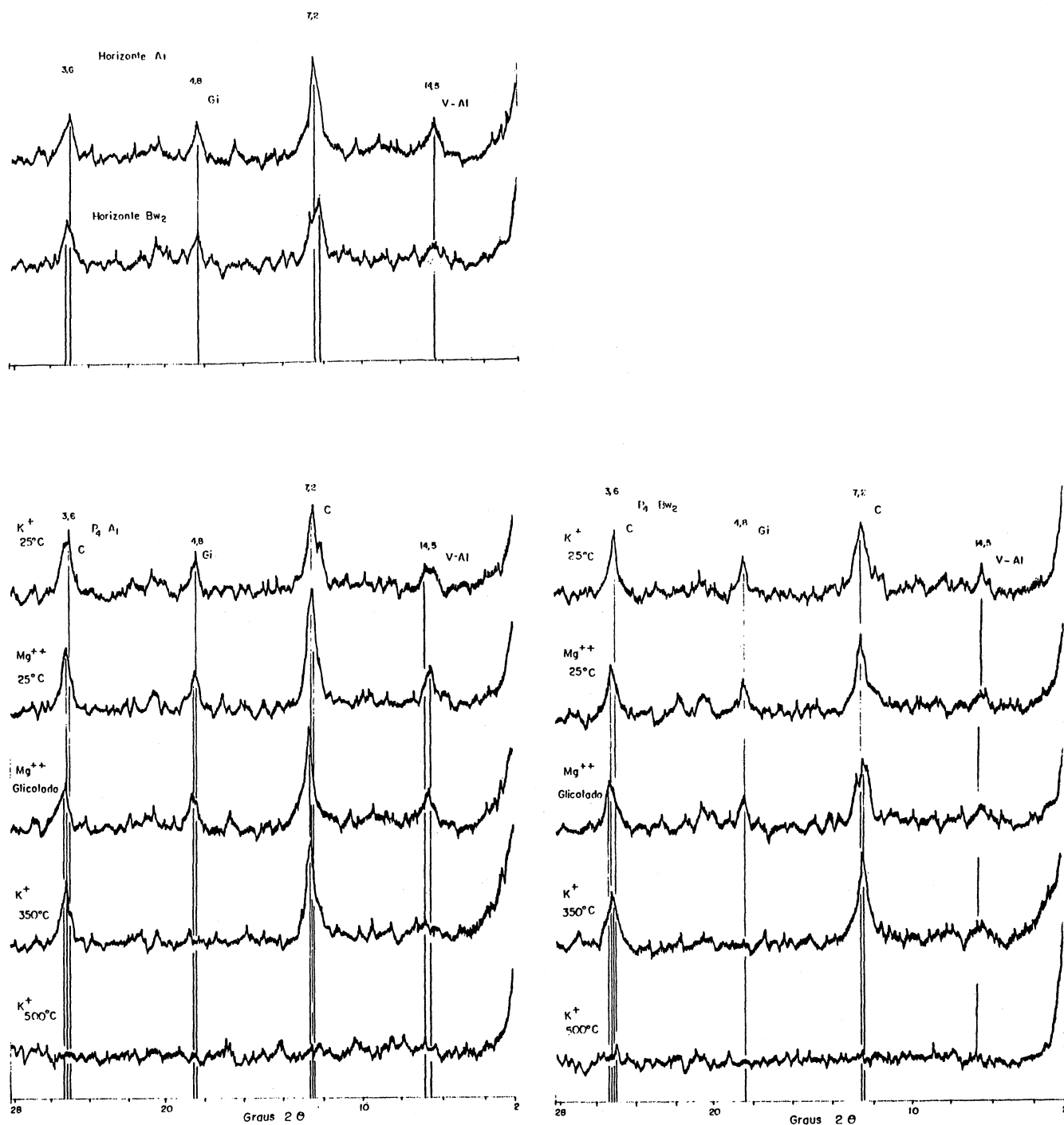


FIGURA 45. DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P4

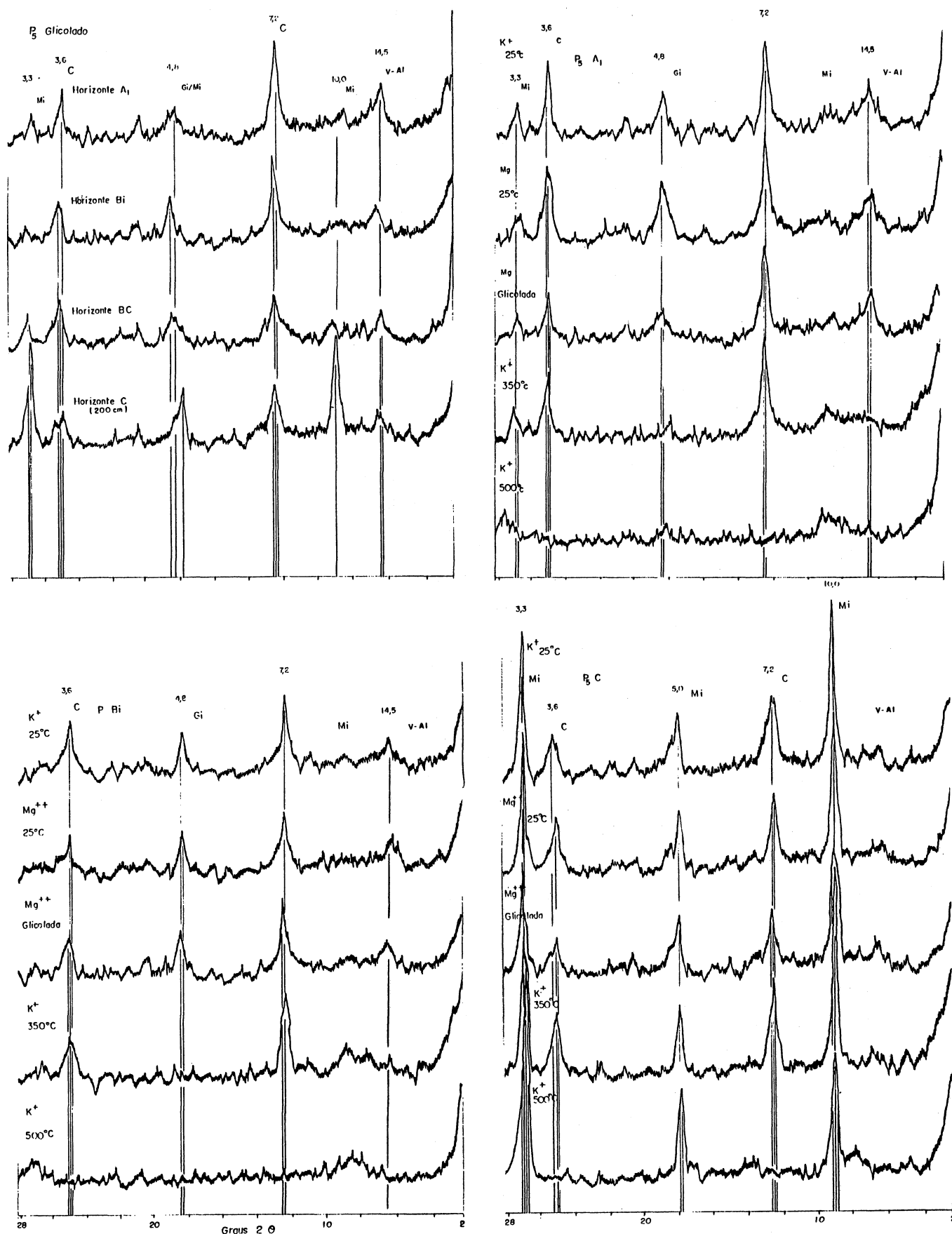


FIGURA 46. DIFRATOGRAMAS DE RAO X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO PERFIL P5



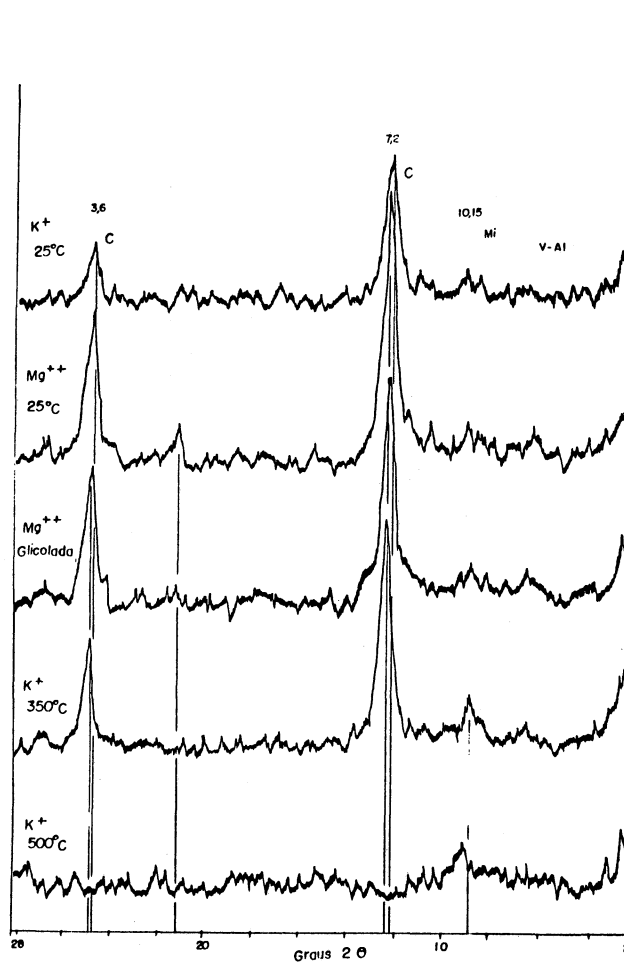


FIGURA 47. DIFRATOGRAMAS DE RAO X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DE CAMADA ALTERADA DA FORMAÇÃO FURNAS (CAMADA ARENOSA)

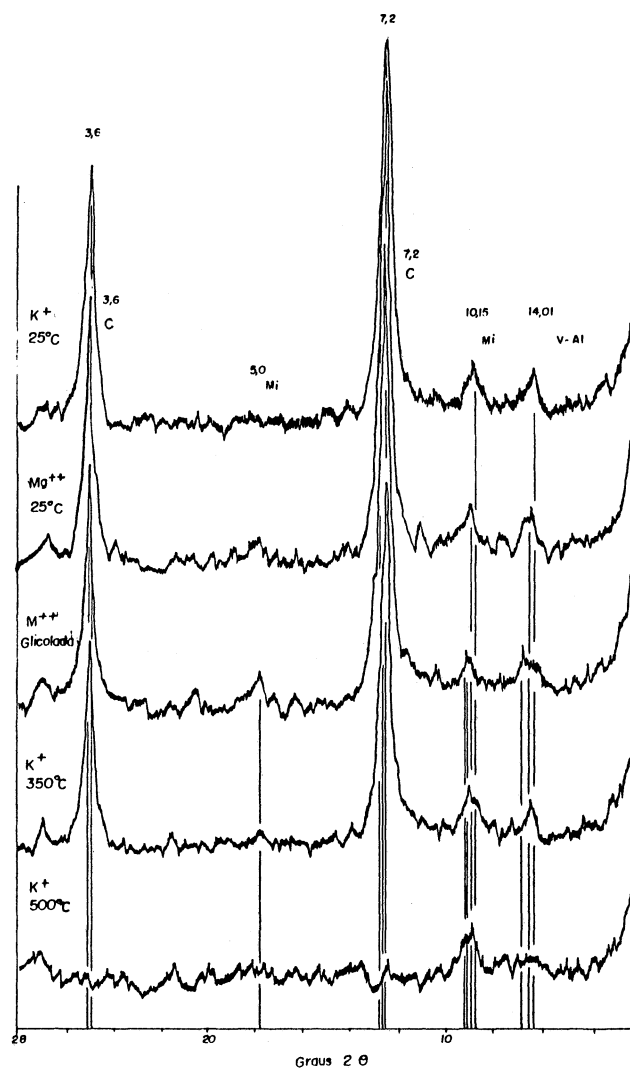


FIGURA 48. DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DE CAMADA ALTERADA DA FORMAÇÃO FURNAS (CAMADA ARGILO-SILTOSA)

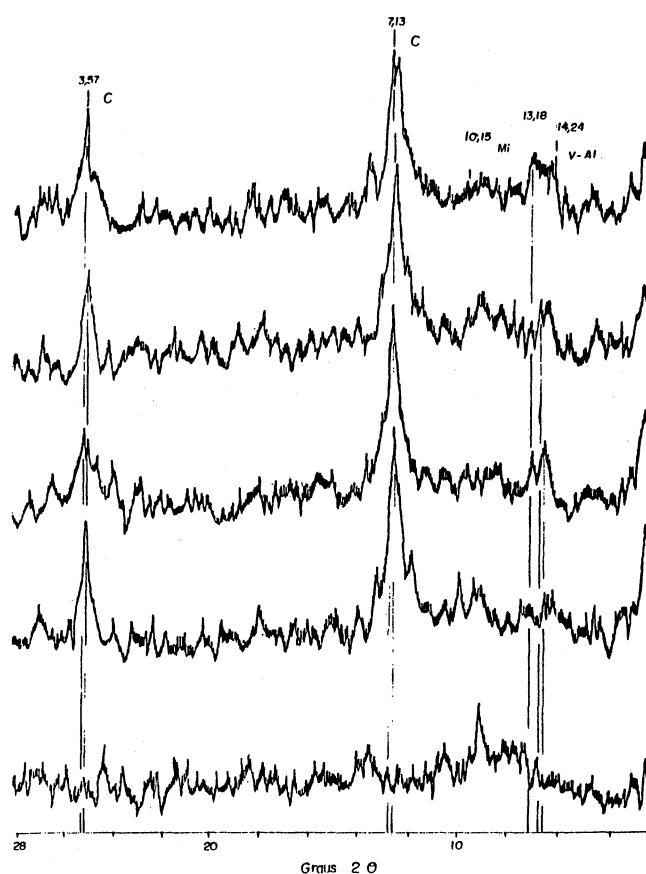


FIGURA 49. DIFRATOGRAMAS DE RAO X DA FRAÇÃO ARGILA DEFERRIFICADA DO DEPÓSITO SUPERFICIAL DE MATERIAL RETRABALHADO DAS FORMAÇÕES PONTA GROSSA E FURNAS

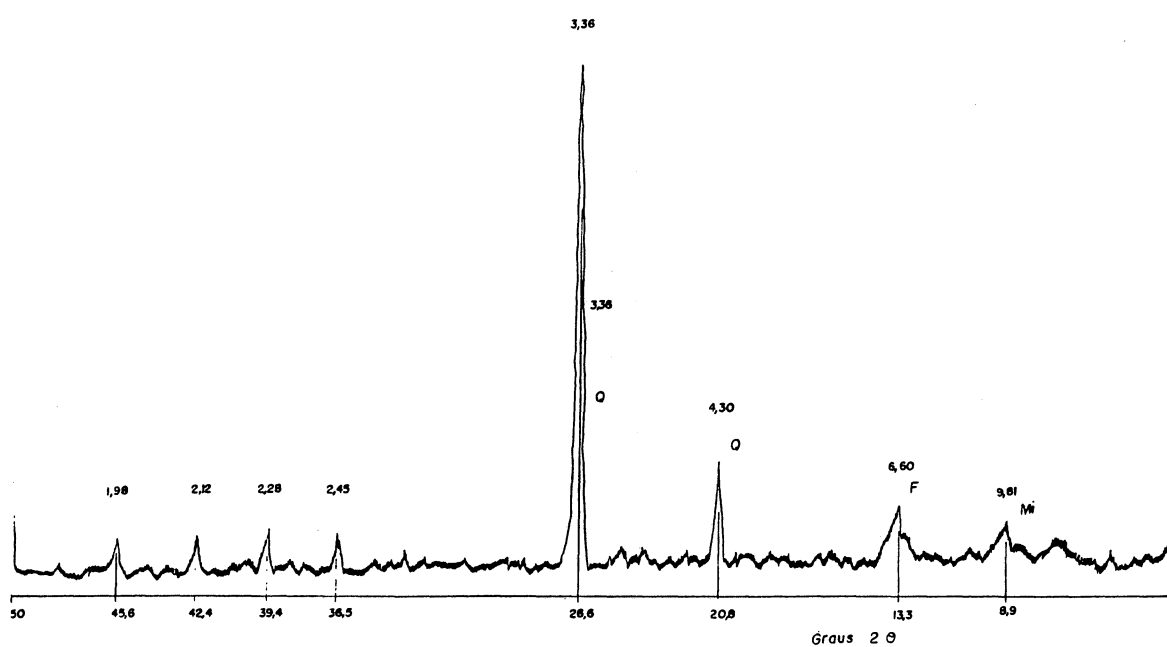
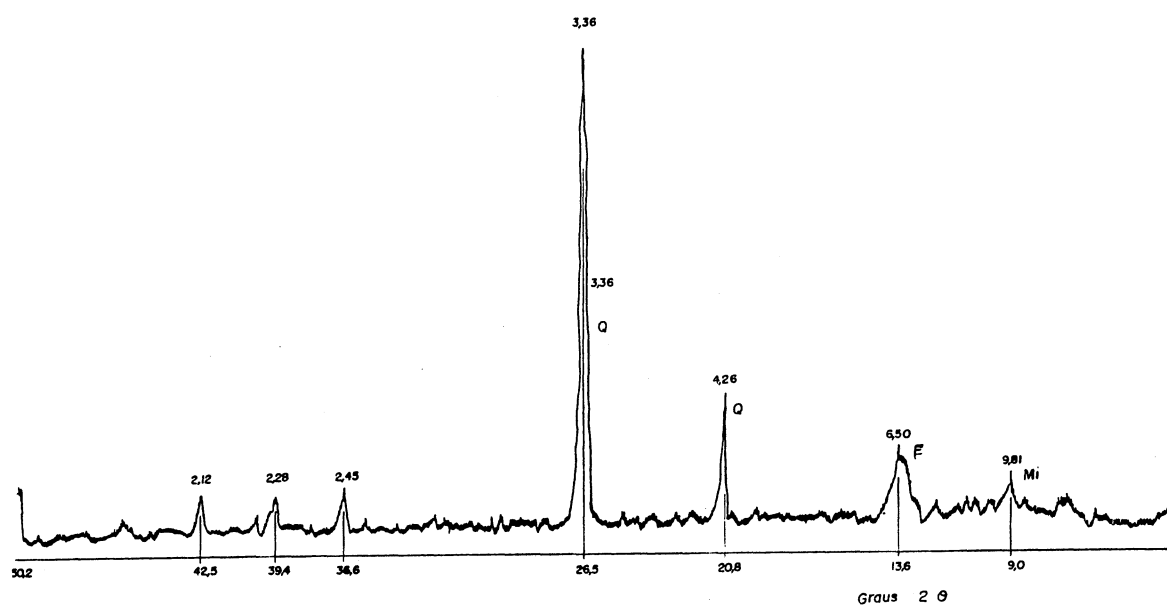


FIGURA 50. DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DA FRAÇÃO AREIA DE CAMADA ALTERADA DA FORMAÇÃO FURNAS - CAMADA ARENOSA E CAMADA SILTO-ARGILOSA, RESPECTIVAMENTE